

Mestrado Integrado em Engenharia Química

***Otimização do processo de pintura spray na
Pigment Furniture Factory***

Tese de Mestrado

de

Tânia Lopes de Brito Diniz

Desenvolvida no âmbito da unidade curricular de Dissertação

realizado em

IKEA Industry Portugal Lda.



**IKEA Industry
Paços de Ferreira**

Orientador na FEUP: Prof. Dr. Fernão Magalhães

Orientador na IKEA Industry: Cristovão Gonçalves



Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia
FEUP

Departamento de Engenharia Química

Julho de 2014

Agradecimentos

Gostaria de deixar os maiores agradecimentos a todas as pessoas que contribuíram, direta ou indiretamente, em todo o trabalho realizado.

A todas as pessoas que tive o prazer de trabalhar, em especial ao Cristovão Gonçalves, Henrique Pimentel, toda a equipa de Processos e de um modo geral a todos os colaboradores da Ikea Industry, pela simpatia e fácil integração. Aos estagiários da Ikea Industry um grande obrigado pelo companheirismo.

Ao Prof. Doutor Fernão Magalhães, pela disponibilidade e apoio ao longo da realização do estágio e da dissertação.

Aos meus amigos, pelos excelentes e menos bons momentos vividos, estando sempre presentes.

Aos meus Pais, Irmãs e Irmão, e restante família, por toda a compreensão, suporte e carinho.

Ao Vito, por tudo.

Resumo

Na Ikea industry Portugal Lda, indústria de mobiliário, os valores de peças com defeitos conduzem a uma perda muito significativa de produtividade com impacto no desempenho interno da organização e consequente reflexo financeiro no cliente final. Na fábrica *Pigment Furniture Factory*, produtora de mobiliário de quarto e cozinha de derivados da madeira, as linhas de pintura spray são consideradas críticas uma vez que o complexo processo resulta em elevadas percentagens de peças com imperfeições e que por isso necessitam de ser retrabalhadas, acarretando custos à empresa.

O trabalho realizado teve como objetivo o aprofundamento do conhecimento e apuramento das causas da ocorrência de defeitos nas peças relativas à pintura *spray* e proporcionar a sua correta introdução no processo produtivo conducente à melhoria de resultados finais em qualidade e produtividade. Estudou-se o defeito mais crítico da pintura *spray* e as variáveis de processo que estarão na causa raiz desse defeito, o estudo da relação cor e brilho das peças com as gramagens aplicadas de tinta e por fim, otimização da pressão de alimentação do cobalto, catalisador da reação de formação da tinta.

O estudo do defeito crítico na pintura *spray* recaiu sobre os registos do ano 2013 relacionando-se as ocorrências deste com fatores exteriores ao processo e com fatores internos de produção. Através de ensaios *in situ* relacionou-se gramagens aplicadas de dois tipos de tintas com a cor e o brilho obtido após a produção e ao longo do tempo. Através de alterações da pressão da bomba responsável por enviar o cobalto para as misturadoras de tinta das três linhas de pintura *spray* obteve-se a pressão ótima de operação que minimiza a variabilidade do sistema e otimiza o valor médio deste composto.

O defeito mais crítico das linhas de pintura *spray* é relativo às impurezas (partículas que se depositam na peça aquando a pintura) sendo que a cor e as peças com mais ocorrências desta imperfeição são a cor branco 5 e as peças lisas com maior área. De um modo geral concluiu-se que a temperatura e humidade exterior, bem como os fatores internos de produção que atualmente são monitorizados, não apresentam relação direta ou isolada com o aparecimento de impurezas nas peças. Concluiu-se que para o branco 2.5 o aumento das gramagens resulta numa cor mais próxima do desejado e que ao longo do tempo este decresce estabilizando ao final de 16 dias. Relativamente ao brilho concluiu-se que este estabiliza perto do recomendado para gramagens mais baixas. Para a tinta cinzenta, os resultados não permitiram tirar ilações completas dada a escassez temporal para esse estudo. Inferiu-se que a pressão ótima de alimentação da bomba do cobalto é de 2,5 bar, a qual se encontra atualmente implementada.

Palavras Chave: Pintura *spray*, defeitos, cor, brilho, cobalto

Abstract

In Ikea Industry Portugal Lda., furniture industry, pieces with defects lead to a significant production loss with impact on the internal organization performance and a consequently financial reflex on final client. In Pigment Furniture Factory, that produces room and kitchen furniture from wood derivates, the three spray painting lines are critical once their complex process results in high percentages of pieces with imperfections and for this reason they need to be reworked, resulting in high costs to the organization.

The main goal of the project was to obtain knowledge and find out the causes of the defects caused by the spray painting and the right introduction on the production process leading to improvement of the final results in quality and productivity. It was studied the spray painting critical defect and the process variables involved on the root cause of that defect, the study of the relation between the products color and gloss and the ink amount applied, and in the end, the optimization of the cobalt feed pressure, catalytic agent of the reaction of ink formation, once that the excess or lack of cobalt results in imperfections.

The study of the painting critical defect was made from the data of 2013 and was associated its occurrences with external environmentally factors and with internal production factors. Through in situ trials were allied the ink amount applied of two ink types with color and gloss, after the production and along the time. After some changes on cobalt bomb feed pressure, responsible to drive this compound to the three ink mixers of the spray lines, was gotten the optimal operation pressure that minimizes the system variability and optimizes the cobalt medium value.

The more critical defect on spray painting lines is related to impurities (particles that falls on the pieces during the painting and after that) and there are more occurrences of this imperfection for the color White 5 and for flat and high area parts. It was concluded that the exterior temperature and humidity, as well as the internal production factors, that are currently monitored, don't represent a direct or isolated relation with the impurities occurrences. For White 2.5, the increasing of ink amount on the parts results in a near color from the desired one and along the time this parameter decreases, stabilizing 16 days after production. In what concerns the gloss, it was concluded that it stabilizes to minor ink amounts. The grey ink results didn't allow right conclusions once there was short time for that study. In conclusion, the optimal cobalt feed pressure is 2.5 bar, which is currently implemented.

Key words: Spray painting, defects, color, gloss, cobalt

Declaração

Declara, sob compromisso de honra, que este trabalho é original e que todas as contribuições não originais foram devidamente referenciadas com identificação da fonte.

Índice

1	Introdução.....	1
1.1	Enquadramento e Apresentação do Projeto	1
1.2	Apresentação da Empresa	1
1.3	Contributos do Trabalho.....	3
1.4	Organização da Tese	4
2	Contexto.....	5
2.1	Matérias-primas	6
2.2	Tinta.....	8
2.3	Processo de pintura <i>spray</i> na <i>Pigment Furniture Factory</i>	13
2.4	Defeitos da pintura <i>spray</i>	17
3	Descrição Técnica.....	21
3.1	Estudo da ocorrência de defeitos.....	21
3.2	Estudo da relação entre a gramagem aplicada e a cor/brilho obtido	22
3.3	Otimização da pressão de alimentação do cobalto	23
4	Resultados e Discussão.....	24
4.1	Estudo da ocorrência de defeitos.....	24
4.2	Estudo da relação entre a gramagem aplicada e a cor/brilho	36
4.3	Otimização da pressão de alimentação do cobalto	41
5	Conclusões	44
5.1	Estudo da ocorrência de defeitos.....	44
5.2	Estudo da relação entre a gramagem aplicada e a cor/brilho	45
5.3	Otimização da pressão de alimentação do cobalto	46
6	Avaliação do trabalho realizado.....	47
6.1	Objetivos realizados.....	47
6.2	Outros Trabalhos Realizados.....	47
6.3	Limitações e Trabalho Futuro	47
6.4	Apreciação final	48

7	Referências	49
Anexo 1	Layout da <i>Pigment Furniture Factory</i>	i
Anexo 2	Produtos da <i>Pigment Furniture Factory</i>	iii
Anexo 3	Parâmetros de Pintura Spray	v
Anexo 4	Comparação de defeito “impurezas” entre as linhas de pintura <i>spray</i>	xi
Anexo 5	Tabelas de resultados do estudo gramagem aplicada vs cor/brilho	xiii

Índice de Figuras

Figura 1 - Valores do grupo Ikea.	2
Figura 2 - Vista aérea da Ikea Industry Portugal Lda (2008).	3
Figura 3 - Placas de MDF.	6
Figura 4 - Aglomerado de partículas revestido a melamina.	6
Figura 5 - Classificação dos derivados da madeira.	7
Figura 6 - Tipos de ligantes usados e principais características.	9
Figura 7 - Exemplo do sistema espacial de cor CIELAB.	12
Figura 8 - Esquema do processo de pintura na linha 16 antes de chegar à box de pintura.	14
Figura 9 - Layout da linha 14.	15
Figura 10 - Layout da linha 15.	15
Figura 11 - Layout da linha 16.	16
Figura 12 - Designação dos lados das peças - exemplo peça Utrusta.	17
Figura 13 - Exemplo do defeito Aspeto casca de laranja.	18
Figura 14 - Exemplo do defeito Cortinas de tinta.	18
Figura 15 - Exemplo do defeito Efeito couro.	19
Figura 16 - Exemplo do defeito Escorridos.	19
Figura 17 - Exemplos do defeito Impurezas.	19
Figura 18 - Exemplo do defeito Poros na superfície.	19
Figura 19 - Exemplo do defeito poros nas laterais.	19
Figura 20 - Exemplo do defeito poros pretos.	20
Figura 21 - Exemplo do defeito Tinta no lado B.	20
Figura 22 - Exemplo do defeito Excesso de tinta.	20
Figura 23 - Exemplo do defeito Excesso de tinta cortante.	20
Figura 24 - Gráfico dos principais defeitos nas linhas de pintura spray em 2013.	24
Figura 25 - Ocorrência de impurezas nas três linhas de pintura spray ao longo de 2013 e nos primeiros 3 meses de 2014.	25

Figura 26 - Ocorrência diária de impurezas nas peças das linhas de pintura spray <i>versus</i> temperatura média exterior da fábrica - janeiro a março de 2013.	29
Figura 27 - Ocorrência de impurezas nas peças das linhas de pintura spray <i>versus</i> temperatura média exterior da fábrica - janeiro a março de 2014.	29
Figura 28 - Ocorrência de impurezas nas peças das linhas de pintura spray <i>versus</i> humidade relativa média exterior da fábrica - janeiro a março de 2013.	30
Figura 29 - Ocorrência de impurezas nas peças das linhas de pintura spray <i>versus</i> humidade relativa média exterior da fábrica - janeiro a março de 2014.	30
Figura 30 - Comparação da viscosidade da tinta na linha 14 de janeiro a março de 2013 e de 2014.	31
Figura 31 - Comparação da viscosidade da tinta na linha 15 de janeiro a março de 2013 e de 2014.	32
Figura 32 - Comparação da viscosidade da tinta na linha 16 de janeiro a março de 2013 e de 2014.	32
Figura 33 - Comparação da temperatura da box na linha 14 de janeiro a março de 2013 e de 2014.	32
Figura 34 - Comparação da temperatura da box na linha 15 de janeiro a março de 2013 e de 2014.	33
Figura 35 - Comparação da temperatura da box na linha 16 de janeiro a março de 2013 e de 2014.	33
Figura 36 - Comparação da humidade da box na linha 14 de janeiro a março de 2013 e de 2014.	33
Figura 37 - Comparação da humidade da box na linha 15 de janeiro a março de 2013 e de 2014.	34
Figura 38 - Comparação da humidade da box na linha 16 de janeiro a março de 2013 e de 2014.	34
Figura 39 - Ocorrência de impurezas na produção por dia da semana no período de janeiro a março de 2013.	35
Figura 40 - Ocorrência de impurezas na produção por dia da semana no período de janeiro a março de 2014.	35
Figura 41 - Relação entre desvio da cor (ΔE) e a gramagem aplicada de tinta W2.5.	37
Figura 42 - Relação de Δl com a gramagem aplicada de W2.5.	37

Figura 43 - Relação de Δa com a gramagem aplicada de W2.5.	38
Figura 44 - Relação de Δb com a gramagem aplicada de W2.5.	38
Figura 45 - Relação entre brilho e a gramagem aplicada de tinta W2.5.....	39
Figura 46 - Relação entre ΔE e a gramagem aplicada de tinta GREY.	40
Figura 47 - Relação entre brilho e a gramagem aplicada de tinta GREY.	40
Figura 48 - Evolução do cobalto na misturadora da linha 14 para receitas KF para as diferentes pressões.	41
Figura 49 - Evolução do cobalto na misturadora da linha 14 para receitas BK para as diferentes pressões.	41
Figura 50 - Evolução do cobalto na misturadora da linha 15 para receitas KF para as diferentes pressões.	42
Figura 51 - Evolução do cobalto na misturadora da linha 15 para receitas BK para as diferentes pressões.	42
Figura 52 - Evolução do cobalto na misturadora da linha 16 para receitas KF para as diferentes pressões.	43
Figura A1.1 - Layout da PFF.	i
Figura A2.1 - Família de frentes de cozinha produzidas na PFF e respetivo grupo de artigos..	iii
Figura A2.2 - Cozinha Bodbyn.	iii
Figura A2.3 - Cozinha Veddinge.	iii
Figura A2.5 Família Hemnes.	iv
Figura A2.4 - Gavetas interiores de cozinha Utrusta.	iv
Figura A2.6 Família Birkeland.....	iv
Figura A4.1 - Comparação de ocorrência de impurezas em 2013 e 2014, da semana 1 à 15, da linha 14.....	xi
Figura A4.2 - Comparação de ocorrência de impurezas em 2013 e 2014, da semana 1 à 15, da linha 15.....	xii
Figura A4.3 - Comparação de ocorrência de impurezas em 2013 e 2014, da semana 1 à 15, da linha 16.....	xii

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Famílias de produtos e capacidades de produção semanais.....	5
Tabela 2 - Número de passagens/ciclos de peças nas linhas de pintura spray 14, 15 e 16, em 2013, e respetivo número de peças rejeitadas. (Fonte: Ikea Industry).....	6
Tabela 3 - Receitas das tintas usadas nas linhas de pintura spray. (Fonte Akzo Nobel).....	11
Tabela 4 - Parâmetros da pintura spray, fixos e variáveis.....	16
Tabela 5 - Especificações dos testes de W2.5 e GREY para correlação da gramagem/cor.	22
Tabela 6 - Ocorrência média de impurezas no ano de 2013, de janeiro a março de 2013 e de janeiro a março de 2014 na respetiva produção de cada linha de pintura spray.....	26
Tabela 7 - Percentagem de peças com defeito de impurezas por grupo de produtos nas linhas de pintura spray em 2013.	27
Tabela 8 - Percentagem de peças com defeito de impurezas por cor usada nas linhas de pintura spray em 2013.	28
Tabela 9 - Dias após a produção em que foram realizadas as medições de cor e brilho dos ensaios W2.5 e Grey.....	36
Tabela 10 - Resultados obtidos em cada linha de pintura spray da massa média de cobalto após as alterações de pressão na bomba de alimentação.	43
Tabela A3.1 - Classificação dos processos de pintura.	v
Tabela A3.2 - Fluxos de cada grupo, cor e tipo de peça.....	vi
Tabela A3.3 - Parâmetros fixos usados na pintura spray.....	vii
Tabela A3.4 - Parâmetros variáveis da pintura por peça - Brilho, velocidade da linha, altura e ângulo das pistolas - nas três linhas spray.	viii
Tabela A3.5 - Parâmetros variáveis da pintura na linha 16 - gramagens e viscosidades de base lado A e B (Base A e Base B, respetivamente), top de lado A e B (TOP A e TOP B, respetivamente) e top de rework (TOP RW).....	ix
Tabela A3.6 - Parâmetros variáveis da pintura nas linhas 14 e 15 - gramagens e viscosidades de base e top de lado A e B e top de rework.	x
Tabela A5.1 - Resultados das quatro medições das coordenadas da cor (Δl , Δa e Δb) para os ensaios das gramagens de W2.5.	xiii
Tabela A5.2 - Resultados das quatro medições do desvio da cor (ΔE) e brilho para os ensaios de gramagens de W2.5.....	xiv

Tabela A5.3 - Resultados das duas medições das coordenadas da cor (ΔL , Δa e Δb), do desvio da cor (ΔE) e brilho para os ensaios de gramagens de GREY.	xiv
---	-----

Lista de Símbolos e Siglas

PFF	<i>Pigment Furniture Factory</i>
MDF	<i>Medium Density Fibreboards</i>
Linha 14	<i>Linha de pintura spray 948014</i>
Linha 15	<i>Linha de pintura spray 948015</i>
Linha 16	<i>Linha de pintura spray 948016</i>
W2	<i>Cor branco 2</i>
W2.5	<i>Cor branco 2.5</i>
W5	<i>Cor branco 5</i>
W5k	<i>Cor branco 5 de cozinhas</i>
Grey	<i>Cor cinzenta de cozinhas</i>
ΔE	<i>Desvio da cor</i>
ATEX	<i>Atmosfera explosiva</i>
Hg	<i>Mercúrio</i>
Ga	<i>Gálio</i>
KF	<i>Peças da família Frentes de cozinhas (Kitchen fronts)</i>
BK	<i>Peças da família Birkeland</i>

1 Introdução

1.1 Enquadramento e Apresentação do Projeto

A IKEA Industry Portugal Lda., produtora de mobiliário de madeira e fornecedora exclusiva da Ikea, é composta por três fábricas diferenciadas pelos produtos e processos de produção - a *Foil*, a *Lacquer & Print* e a *Pigment Furniture Factory* (PFF). A competitividade da empresa é conseguida pela aposta da qualidade dos seus produtos, envolvimento das pessoas e pela eficiência dos seus processos de forma a poder reduzir os defeitos e consequentemente os custos, de encontro à excelência.

Na PFF, cujo número de vendas no ano fiscal de 2013 (setembro de 2012 a agosto de 2013) foi superior a 2,4 milhões de produtos, os defeitos originados na área da pintura, nomeadamente nas linhas de pintura *spray*, são uma constante e no ano de 2013 representaram cerca de 9% de toda a produção. Na pintura de peças em MDF (Aglomerado de fibras de densidade média - *medium density fibreboard*) os valores de rejeição conduzem a uma perda muito significativa de produtividade com impacto no desempenho interno da organização e consequente reflexo financeiro no cliente final.

As linhas com maior ocorrência de defeitos são as linhas de pintura *spray* pois o seu complexo processo torna as peças suscetíveis ao aparecimento de imperfeições. A determinação das causas para os valores excessivos de rejeição de peças é evasiva pela multiplicidade de fatores e parâmetros envolvidos e pela dispersão no tempo da sua aplicação no processo, nem sempre suficientemente ou corretamente documentado.

O objetivo do projeto consistiu no aprofundamento do conhecimento e apuramento das causas da ocorrência de defeitos nas peças relativas à pintura *spray* e proporcionar a sua correta introdução no processo produtivo conducente à melhoria de resultados finais em qualidade e produtividade. Destaca-se o estudo do defeito mais crítico da pintura *spray* e as variáveis de processo que estarão na causa raiz dessa imperfeição, estudo da relação cor e brilho das peças com as gramagens aplicadas e por fim otimizar a pressão de alimentação do cobalto.

1.2 Apresentação da Empresa

A empresa Ikea foi fundada em 1943 por Ingvar Kamprad, da quinta Elmtaryd em Agunnaryd, e o seu nome surge através das iniciais do fundador e do local onde este nasceu. Em 1982 forma-se o Grupo Ikea cujas vendas do passado ano fiscal de 2013 ultrapassaram os 28,5 biliões de euros. Atualmente opera em 43 países e conta com 303 lojas em 26 países, 32

centros de distribuição e 50 unidades de produção correspondentes à Ikea Industry em 12 países. ^[1]

A Ikea Industry, antiga Swedwood até setembro de 2013, é a maior produtora de mobiliário de madeira a nível mundial e fornece exclusivamente para o grupo Ikea. Após a queda do muro de Berlim, na década de 80, e instalada a instabilidade económica, a Ikea foi forçada a criar uma empresa fornecedora para o cumprimento das suas necessidades uma vez que os seus fornecedores da altura, todos localizados na zona leste da Europa, passavam por uma grave crise. Em 1991 forma-se então o Grupo *Swedwood* em Ängelholm.

Em 2013 o grupo *Swedwood*, a *Swedspan* e a *Ikea Industry Investment & Development* passaram por um processo de integração num único grupo, denominado por *Ikea Industry Group*. Esta fusão teve como objetivo adquirir formas mais integradas e cooperantes de trabalhar dentro do grupo obtendo mais eficiência e oportunidades de crescimento, para apoiar o trabalho contínuo de tentar criar e oferecer produtos de baixo custo e com a qualidade certa.

A Ikea Industry rege-se pela visão Ikea - “Criar um melhor dia a dia para a maioria das pessoas” - e pela missão de “Oferecer uma vasta gama de produtos funcionais e com bom design, a preços tão baixos que a maioria das pessoas pode comprá-los”. Os valores pelos quais se guiam encontram-se na Figura 1. Atualmente integra cerca de 19 000 colaboradores e tem registado um crescimento anual de 20% a 25%, possuindo 50 unidades fabris em 12 países: Suécia, Alemanha, Rússia, China, EUA, Polónia, Portugal, Letónia, Hungria, Lituânia, Eslováquia e Ucrânia. ^[2]



1. Liderança pelo exemplo.
2. Simplicidade.
3. Esforço por conhecer a realidade.
4. Estar constantemente no “Caminho”.
5. Consciência de custo.
6. Desejo constante de mudança.
7. Humildade e força de vontade.
8. Atrever a ser diferente.
9. Espírito de união e entusiasmo.
10. Aceitar e delegar responsabilidades.

Figura 1 - Valores do grupo Ikea.

A Ikea Industry Portugal Lda., sediada em Paços de ferreira, arrancou pela primeira vez em 2008 ocupando uma área de 210.000 m². Produz essencialmente mobiliário de quarto, cozinha, escritório e sala. Em termos económicos, o seu crescimento tem sido exponencial e as perspetivas futuras são otimistas, estando em curso projetos de expansão.

A *Foil*, *Lacquer & Print* e a PFF constituem a Ikea Industry Portugal Lda. sendo que as duas primeiras produzem essencialmente mobiliário leve de arrumação, como estantes e mesas, e a última, a PFF, está vocacionada para o mobiliário de quarto e cozinha. A Figura 2 apresenta a vista aérea da Ikea Industry de Paços de Ferreira com indicação da localização de cada fábrica e do armazém (*warehouse*).



Figura 2 - Vista aérea da Ikea Industry Portugal Lda (2008).

1.3 Contributos do Trabalho

O presente projeto permitiu aprofundar o conhecimento sobre os parâmetros que influenciam a produção nas linhas de pintura *spray* e a implementação de ações corretivas de encontro à melhoria em qualidade e produtividade.

Este estudo poderá permitir a redução de custos à empresa através da diminuição dos defeitos e consequentemente do aumento da produtividade.

1.4 Organização da Tese

O presente documento encontra-se dividido em 5 capítulos.

O primeiro capítulo faz o enquadramento geral do projeto, da empresa e do problema associado, bem como enuncia os objetivos propostos.

O capítulo 2 contextualiza todos os aspetos relacionados com o trabalho efetuado estando dividido em 5 secções: Matérias primas, Tinta, Processo de pintura spray na *Pigment Furniture Factory* e Defeitos da pintura *spray*.

O capítulo 3 faz a descrição técnica, ao nível dos métodos de levantamento da informação usada para o estudo da ocorrência de defeitos, os métodos para o estudo da relação entre a gramagem aplicada e a cor/brilho obtido e para a otimização da pressão de alimentação do cobalto.

O capítulo 4 apresenta os resultados obtidos e a respetiva discussão.

No capítulo 5 são apresentadas as principais conclusões, para cada estudo realizado com o respetivo enquadramento dos resultados.

A última secção, capítulo 6, contém a avaliação do trabalho realizado de acordo com os objetivos enunciados, limitações, trabalhos realizados fora do contexto do projeto e uma apreciação final do projeto.

2 Contexto

A PFF encontra-se dividida em três áreas de produção: maquinagem, pintura e montagem e embalagem nas quais se produzem 3 grandes famílias de produtos: as *Kitchen Front* (Frentes de cozinha - KF), *Hemnes* e *Birkeland* (BK). Também são produzidas peças da família *Utrusta* que correspondem a gavetas interiores de cozinha. As atuais capacidades de produção semanal encontram-se na Tabela 1, tendo em conta que estas capacidades aumentaram relativamente ao passado ano de 2013. No Anexo 1 encontra-se o layout da fábrica PFF e no Anexo 2 as famílias de produtos referidas anteriormente, bem como os grupos de peças que as compõem.

Tabela 1 - Famílias de produtos e capacidades de produção semanais.

Família de Produtos	Capacidade de produção (produtos/semana)
Kitchen Fronts	80.000
Utrusta	21.000
Hemnes	10.500
Birkeland	15.000

Nota: Os produtos finais da BK e *Hemnes* são compostos por um determinado conjunto de peças.

Quando a matéria-prima (MDF) chega à fábrica sofre um processo de corte, tratamento e furação (área da maquinagem) para de seguida as peças se dirigirem para as linhas de pintura. O processo de produção de uma peça termina na área de montagem e embalagem. O controlo da qualidade dos produtos ocorre quando este sai de cada linha de produção ou, mais frequentemente, quando chega à secção de montagem e embalagem. Quando ocorrem defeitos irreparáveis, as peças são sucataadas mas no caso de as peças terem defeitos retificáveis são chamadas peças de *Rework*, e seguem para a zona de *Rework* (zona específica da fábrica onde as peças são reparadas manualmente - Anexo 1). Uma grande parte das peças com defeitos de pintura, em vez de irem à zona de *Rework*, entram de novo na respetiva linha de pintura para lixagem e aplicação de nova camada de tinta de modo a corrigir as imperfeições.

Em 2013 realizaram-se mais de 89 milhões de passagens/ciclos de peças nas linhas de produção da PFF das quais 2,90% apresentaram defeitos - 0,70 % correspondentes a peças que foram para sucata e 2,20% de peças para *rework*, ou seja, que tiveram de ser retrabalhadas.

Nesse ano, 6,98% das peças que passaram nas linhas de pintura spray, nomeadamente nas linhas 948014, 948015 e 948016 corresponderam a peças que tiveram de ser retrabalhadas devido à existência de defeitos.

A tabela seguinte apresenta o número de peças que passaram em cada uma das linhas *spray* (linhas 948014, 948015 e 948016 - 14, 15 e 16 - respetivamente) bem como a percentagem das peças que por apresentar defeitos tiveram de sofrer novo processo de pintura. As peças da família *Hemnes* não passam nas linhas de pintura *spray*.

Tabela 2 - Número de passagens/ciclos de peças nas linhas de pintura spray 14, 15 e 16, em 2013, e respetivo número de peças rejeitadas. (Fonte: Ikea Industry)

Linhas de Pintura <i>Spray</i>	14	15	16
Número de passagens/ciclos de peças	4.124.428	8.928.319	2.977.938
Número de peças retrabalhadas	227.962	590.142	300.244
% peças retrabalhadas	5,53 %	6,61%	10,08%

Nota: As peças que passam nas linhas de pintura não correspondem aos valores de produção final uma vez que a mesma peça, muitas vezes, terá de passar mais do que uma vez nessa linha para aplicação de diferentes camadas de tinta.

2.1 Matérias-primas

A matéria-prima usada na PFF é o MDF (Medium density fibreboard - Figura 3) e o aglomerado de partículas revestido a melamina (Figura 4), fornecidos pela Sonae Industria, sediada em Mangualde.



Figura 3 - Placas de MDF.



Figura 4 - Aglomerado de partículas revestido a melamina.

Os derivados de madeira são materiais compostos por lenho (madeira), um ligante (resina) e aditivos (englobando agentes hidrófugos, ignífugos e preservadores). De acordo com

o seu método de fabrico, composição e características físico-químicas, podem ser classificados de acordo com o esquema da Figura 5. ^[3]

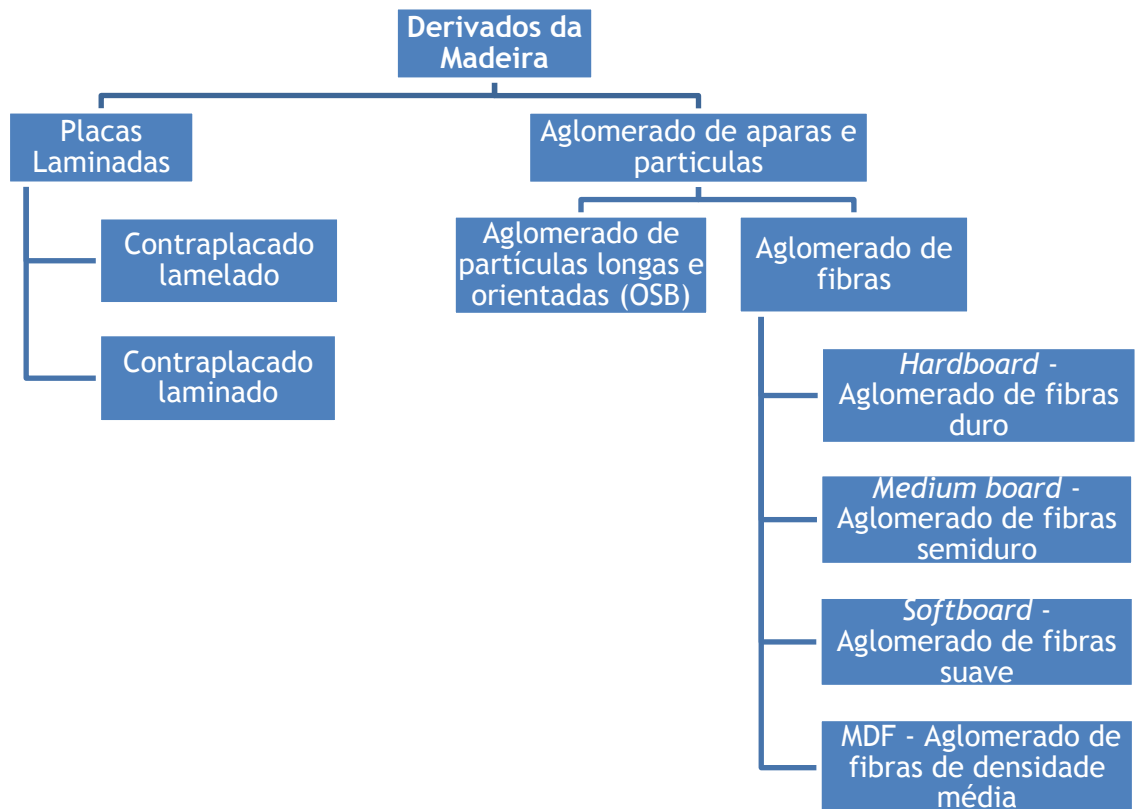


Figura 5 - Classificação dos derivados da madeira. (Fonte: Sonae Industria)

As placas de derivados de madeira apresentam uma grande versatilidade através da rápida adaptação às exigências de mercado, maior resistência no plano da placa, boa relação resistência/peso e obtenção de produtos homogêneos. Estas permitem também a utilização industrial de madeira proveniente de espécies florestais secundárias ou podem incorporar os restos resultantes da laboração em serração originando uma clara redução de desperdícios lenhosos. O MDF é classificado segundo as suas propriedades (que dependem do método de produção), qualidade da matéria-prima e pela receita química aplicada.

Na PFF, para a família *Hemnes* utiliza-se o aglomerado de partículas revestido a melamina e o MDF *Standard*, na família *Birkeland* usa-se o MDF *Standard* com espessuras das placas variáveis de 36 mm a 12 mm. Este é fabricado por via seca de forma que o seu teor em água seja inferior a 20% e a sua resistência é conseguida através da adição da resina de ureia formaldeído. A sua densidade ronda os 750 kg/m³.

O MDF usado nas *Kitchen Fronts* é fabricado especificamente para a Ikea Industry (chamado *Deep Rotting*) com características de densidade e tração mais elevadas.

A Sonae Industria é responsável pelo controlo das características dos derivados da madeira que comercializam como a resistência à tração, a densidade, o inchamento (comportamento dimensional do MDF quando submerso em água durante 24 horas), o teor de água, a resistência à flexão e módulo de elasticidade (consistência mecânica e a deformação quando sujeito à compressão) bem como o teor de formaldeído livre.

2.2 Tinta

As tintas são o revestimento que se aplica a uma peça para conferir durabilidade e melhorar a estética do objeto. Estas são constituídas por quatro grupos de elementos:

- **Ligantes** - resinas responsáveis pelas principais propriedades do revestimento, nomeadamente pelo aspeto e resistência da película seca. As tintas são classificadas de acordo com a natureza química do ligante.
- **Solventes e diluentes** (“veículo” volátil) - responsáveis por adequar a viscosidade da mistura pois dissolvem a resina e influenciam tanto a lacagem da película como a velocidade da secagem.
- **Aditivos** - têm como objetivo ajustar uma ou mais propriedades da tinta e poderão ser agentes dispersantes/molhantes, catalisadores, secantes, biocidas, inseticidas, inibidores de corrosão, absorvedores UV, anti-espuma, etc.
- **Matérias pulverulentas** - pigmentos que conferem a cor e opacidade à tinta e influenciam propriedades como a durabilidade, resistência à corrosão e resistência ao fogo. Também poderão ser cargas envolvidas no controlo do brilho, da reologia da tinta, da dureza, da resistência ao risco, permeabilidade e aderência. ^[5]

A figura que se segue apresenta os diversos ligantes que poderão ser usados e que são responsáveis pela classificação das próprias tintas.

Ligantes Naturais - óleos secativos naturais ou resinas

- Aplicação na restauração de móveis e nas cores de arte

Derivados celulósicos - Nitrocelulose, acetato e acetobutirato de celulose, etilcelulose

- Pouco utilizados com exceção a nitrocelulose que ainda conserva algumas aplicações

Derivados da borracha

- Produtos que apresentam excelente resistência à água e utilizados em ambientes corrosivos ou marítimos

Vinílicos e acrílicos - policloreto de vinilo (PVC)

- Ligantes usados para tintas de emulsão aquosa

Alquídicos - gliceroftálicos

- Ligantes que endurecem (curam) à temperatura ambiente ou por reação com outras resinas e posterior exposição ao calor

Poliésteres

- Ligantes que endurecem (curam) por policondensação interna ou com aminas reativas.

Fenólicos

- Duros e quebradiços, nunca são usados como ligantes isolados

Epoxídicos

- Endurecem à temperatura ambiente ou em estufa dependendo da natureza dos outros componentes reacionais

Amínicos

- Usados em combinação com outras resinas contendo grupos reativos

Poliuretanos

- Reação à temperatura ambiente

Figura 6 - Tipos de ligantes usados e principais características. ^[5]

A seleção da tinta ou do sistema de pintura depende do substrato a tratar (natureza e estado) e das condições de exposição. A sua aplicação pode ser por via manual (pincel, trincha e rolo ou pistolas pneumáticas, eletrostáticas ou “airless”) ou via automática (usada na aplicação industrial). Para a aplicação automática existem atualmente as seguintes opções:

- Mergulho/imersão: a peça a pintar é imersa na tinta e escorrida antes de secar ao ar ou em estufa.
- Cortina/jato: a tinta, sob a forma de uma cortina ou de um conjunto de jatos, é depositada na peça à medida que esta avança, sendo posteriormente escorrida e seca.

- Pulverização à pistola (spray): o sistema de pistolagem pode ser fixo ou montado sobre robots multiaxiais.
- Rolos/cilindros: usa-se para superfícies planas, como por exemplo em chapa metálica (coil coating) ou em painéis de madeira (máquina de rolos).

Após a aplicação, a tinta sofre um processo de secagem (evaporação do solvente) que dará origem a uma película seca. Este processo pode ocorrer à temperatura ambiente (no caso das tintas de secagem ao ar), a temperatura elevadas ou por reticulação sob o efeito de radiação ultravioleta (UV), infravermelha (IR) ou feixe de eletrões.

Na PFF, todos os componentes associados às tintas são fornecidos pela *Akzo Nobel* e existem diversas tecnologias de aplicação uma vez que existem substratos distintos. O tipo de tinta também varia de acordo com o método de aplicação/substrato. No anexo 1 encontram-se representadas as diferentes linhas de pintura e a respetiva descrição com o método de aplicação. Uma vez que o objetivo deste projeto é relativo às linhas de pintura spray será feita uma análise com mais detalhe neste tipo de pintura.

A tinta a usar, nas linhas de pintura spray, é preparada imediatamente antes de cada aplicação em tem como ligante um poliéster e o solvente é o acetato de butilo. São aplicados dois tipos de tinta nas peças: uma base (primária) e uma *top coat* (ou secundária). Esta segunda apresenta mais aditivos para aumentar a resistência e dar a cor certa à peça.

Para a formulação da tinta (base ou top) são misturados os seguintes componentes num reator perfeitamente agitado, à temperatura ambiente e à pressão atmosférica:

1. Ligante - poliéster;
2. Peróxido de Hidrogénio - endurecedor que irá reagir com as cadeias de poliéster para formar um filme rígido;
3. Cobalto - catalisador da reação entre pigmento e o peróxido de hidrogénio;
4. Acetato de Butilo - solvente;
5. *Gloss Enhancer* - resina líquida responsável por conferir brilho às peças (apenas para o caso das tintas Top coat).

O peróxido de hidrogénio e o cobalto reagem competitivamente (sendo um reação exotérmica) pelo que há a necessidade de adicionar os reagentes segundo uma determinada ordem: primeiro o ligante, de seguida o cobalto e o solvente e, apenas imediatamente antes

da aplicação da tinta nas peças ou após 1 min (caso se queria aplicar a tinta de imediato) adiciona-se o endurecedor, com a devida homogeneização por agitação. O *Gloss enhancer* é adicionado pelo operador diretamente na misturadora quando se está a homogeneizar todos os componentes.

As tintas utilizadas nas linhas de pintura spray da PFF são classificadas segundo a sua função, base ou top, e a sua cor. A tinta base é aplicada consoante a cor final desejada ou o top que se aplicar posteriormente. Nas linhas de pintura spray usam-se 5 tipos de tinta top classificados segundo a sua cor: branco 2 (W2), branco 2.5 (W2.5), branco 5 (W5), branco 5K (W5K - branco utilizado apenas para as frentes de cozinha) e por fim o cinzento (Grey - utilizado apenas para frentes de cozinha). A classificação do tipo de branco é feita de forma que o branco puro corresponde ao branco 0 e à medida que se aumenta o número associado ao branco a cor deste é cada vez mais amarelada.

A Tabela 3 apresenta os tipos de tinta usados nas linhas spray da PFF classificados segundo a sua cor (no caso das tintas *top*) bem como a respetiva quantidade recomendada de reagentes pela *Akzo Nobel*.

Tabela 3 - Receitas das tintas usadas nas linhas de pintura spray. (Fonte Akzo Nobel)

Tinta	Ligante (kg)	Cobalto (kg)	Solvente (kg)	Endurecedor (kg)
Base (IP 301)	20,00	0,48	2,60	0,26
W2	20,00	0,48	4,00	0,26
W2.5	20,00	0,48	4,00	0,26
W5	20,00	0,26	4,00	0,48
W5K	20,00	0,48	4,00	0,26
Grey	20,00	0,48	4,00	0,26

A quantidade de *Gloss Enhancer* adicionada à mistura reacional é a mesma para qualquer cor de tinta *top coat* e ronda os 0,5 kg.

Na pintura existem dois parâmetros visuais com grande relevância para o consumidor final, a cor e o brilho da peça. A cor depende da gramagem aplicada (quantidade de tinta) e é classificada segundo 3 coordenadas - Figura 7. Atualmente a medição da cor é efetuada com um espectrofotómetro que usa o sistema espacial da cor a 3 dimensões CIELAB

(frequentemente designado como o sistema $L^*a^*b^*$). Este mede as três coordenadas da cor e calcula o desvio total (ΔE) - Equação 1. [6]

Ao nível de produção industrial considera-se aceitável caso não haja diferenças significativas a olho nu e quando necessário efetua-se a medição electrónica para confirmação. A aplicação inicial da tinta base e posterior da tinta top permite a obtenção da cor desejada.

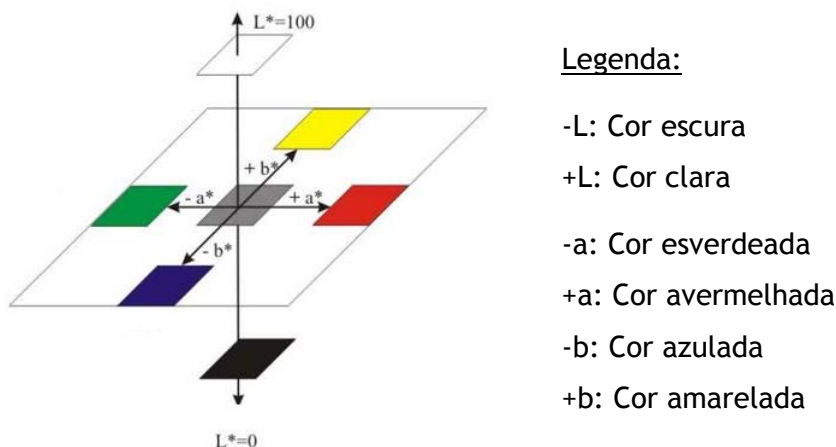


Figura 7 - Exemplo do sistema espacial de cor CIELAB. (Fonte: Akzo Nobel)

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2},$$

Equação 1

ΔL , Δa e Δb correspondem à diferença entre o valor pretendido e o valor medido e são valores adimensionais. [6]

São considerados aceitáveis valores de ΔE abaixo dos 0,5.

O brilho das peças é resultado da reflexão da luz incidente e é conseguido pela adição de uma resina líquida chamada de *Gloss enhancer* à mistura de tinta que, ao impedir que as partículas ascendam à superfície da peça tornam-na mais lisa e consequentemente com mais brilho. Este parâmetro é diretamente afetado pela viscosidade da tinta ou seja, mais solvente (menor viscosidade) resulta num brilho inferior enquanto no caso de falta de solvente - viscosidade superior - obtém-se um brilho superior ao desejado. A gramagem fora dos parâmetros recomendados também tem um efeito adverso no brilho: maior gramagem de tinta origina um aumento de brilho e uma menor gramagem resulta na sua diminuição. A medição do brilho é realizada através de um dispositivo digital que mede a reflexão do raio de luz incidente na superfície. Este relaciona a potência do feixe refletido com o seu ponto de encontro na placa interna do dispositivo. Na prática realizam-se 3 leituras, três pontos

distintos da superfície da peça, e realiza-se a média aritmética dos valores obtidos para adquirir o valor do brilho da peça. ^[7]

2.3 Processo de pintura *spray* na *Pigment Furniture Factory*

Nas três linhas de pintura spray em estudo, a tinta é aplicada numa box ATEX (atmosfera explosiva) constituída por um sistema rotativo de 12 pistolas (chamado de carrossel) a uma velocidade previamente estipulada. Uma velocidade abaixo do recomendado resulta numa aplicação com excessivas quantidades de tinta enquanto uma elevada velocidade faz com que a aplicação não seja uniforme na peça afetando a superfície, a cor e/ou o brilho final. Os bicos das pistolas encontram-se a um ângulo específico de forma a evitar aparecimento de poros e escorridos de tinta nas laterais das peças.

A temperatura óptima de aplicação da tinta é entre 25°C e 30°C e as peças são previamente aquecidas a essa temperatura antes de entrar na box, cuja humidade estará acima dos 40% de água. A humidade influencia a secagem das partículas de tinta e abaixo dos 40% de água as partículas poderão secar antes de chegar à peça, originando defeitos nesta.

À saída da box as peças seguem num tapete à temperatura ambiente, onde ocorre dispersão da tinta e evaporação do solvente e entram num forno de ar quente para secagem física e química. Neste ocorre evaporação do solvente numa primeira zona a 35°C/45°C (temperatura *flash off*) e secagem completa da tinta numa segunda zona, preferencialmente a 70°C, com três pontos de medição da temperatura (temperatura de secagem Z1, Z2 e Z3). As peças permanecem 30 minutos neste forno onde a ventilação é controlada e a humidade deverá ser a mais baixa possível para evitar retenção de solvente. Porém, a conduta controladora da humidade é bifurcada para a box e para o forno pelo que o seu valor deverá ser o mais aceitável para os dois destinos. Atualmente, a ventilação da box e do forno não é registada.

De seguida as peças vão para outro forno de lâmpadas IR a 100°C para completarem a reação e caso se esteja a aplicar tinta top, as peças sofrem uma última secagem em forno de lâmpadas UV (forno UV) para conferir resistência química e física à película de tinta. A seguir ao forno UV as peças, por estarem a 100°C, vão a um arrefecedor.

As três linhas de pintura spray da PFF são semelhantes a partir da box de pintura e possuem cabines de lixagem antes desta para tornar a superfície a pintar mais lisa e eliminar defeitos que esta possa ter. O que difere as linhas de pintura spray é o modo de introdução

das peças (nas linhas 14 e 16 é automática e na 15 é manual) e a linha 16, ao contrário das outras duas, é uma linha combinada com rolos UV antes da box de pintura.

No caso da linha 16, antes das peças chegarem à box de pintura são aplicados outros componentes que aumentam a resistência da película de tinta. O *sealer* é um fluido aplicado no MDF, que cura com lâmpadas UV, com o propósito de selar os poros do MDF. Este contém apenas sólidos de acrilato não apresentando pigmentos. A base UV tal como o *sealer*, é uma resina de sólidos de acrilato que cura também com lâmpadas UV e cujo objetivo é ajudar na “construção” da cor final. O *UV primer*, aplicado no final do processo de rolos UV, é pigmentado e a sua aplicação permite melhorar a secagem final da tinta. A Figura 8 apresenta um esquema do processo na linha 16 antes de chegar à box de pintura.

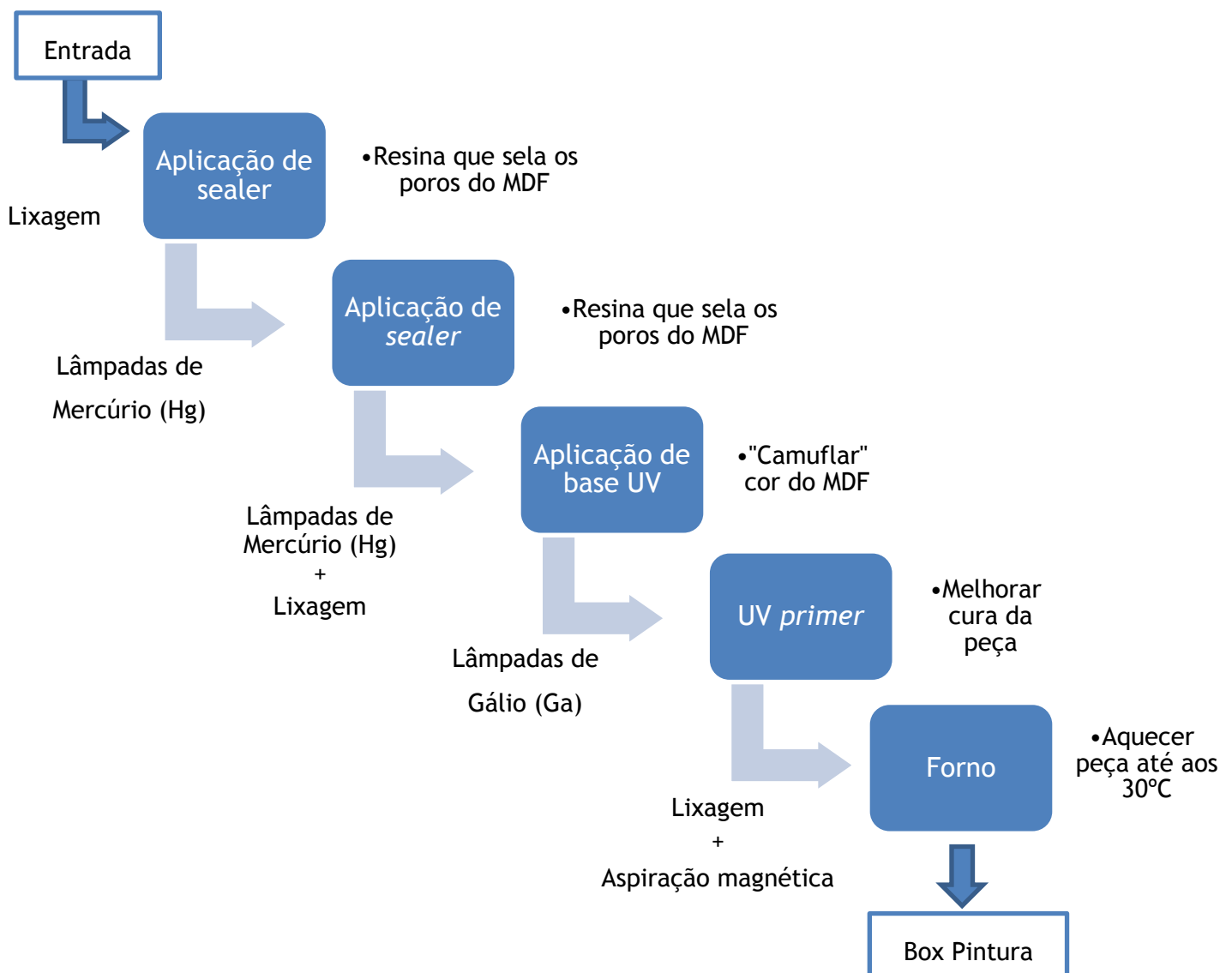


Figura 8 - Esquema do processo de pintura na linha 16 antes de chegar à box de pintura.

A localização das linhas é um fator a ter em consideração uma vez que estão sujeitas a diferentes condicionantes externas (Anexo 1). Próximo da linha 16 existe uma porta para o exterior que é utilizada com alguma frequência originando túneis de vento e ao lado desta também se encontra a zona de Rework, onde as peças são lixadas manualmente provocando poeiras que circundam na atmosfera envolvente. As linhas 14 e 15, que se encontram lado a lado, terão condições externas semelhantes. Contudo, a temperatura destas será uma exceção, sendo que a linha 14 terá uma temperatura ambiente superior à da linha 15, uma vez que esta última se encontra junto ao armazém cuja temperatura é inferior ao sector onde se encontram as linhas de produção. Entre a linha 15 e o armazém existem entradas que contribuem para a renovação do ar envolvente. Atualmente não existe monitorização da temperatura e humidade ambiente destas linhas em estudo. Os layouts das linhas de pintura spray encontram-se nas Figuras 9, 10 e 11 que se seguem.

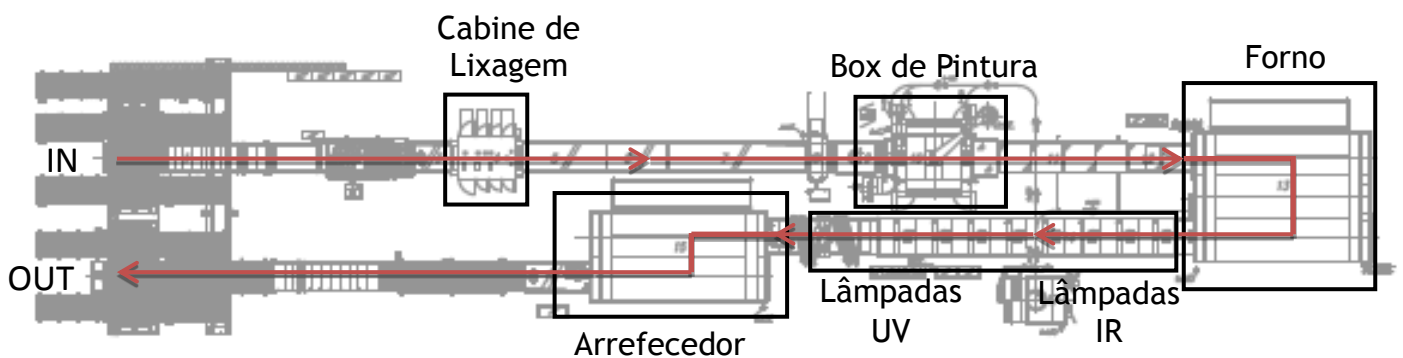


Figura 9 - Layout da linha 14.

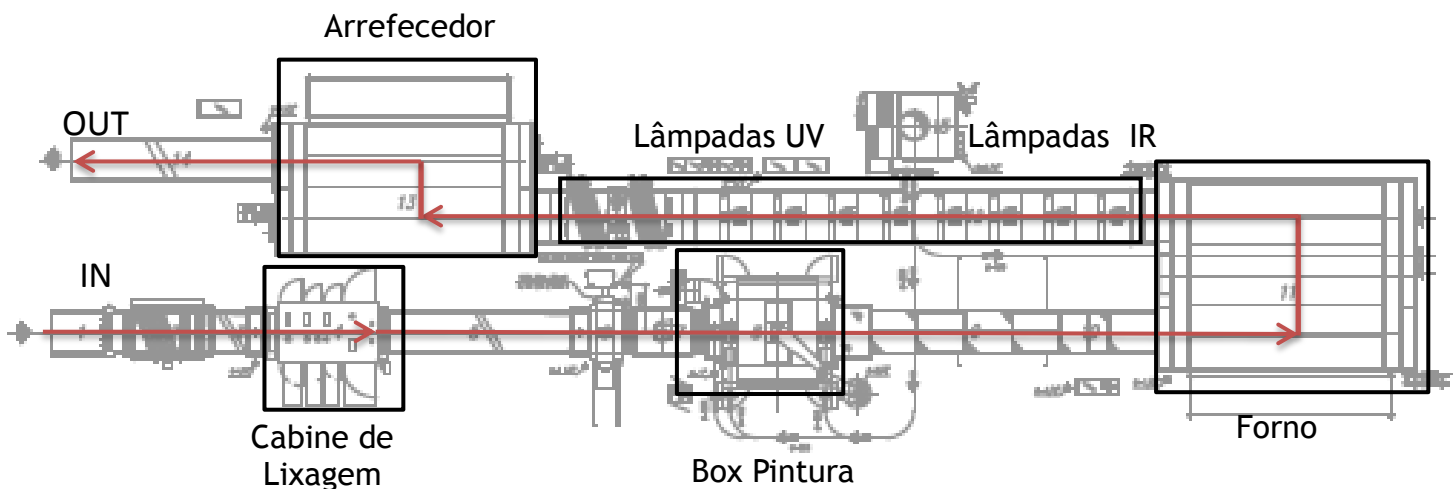


Figura 10 - Layout da linha 15.

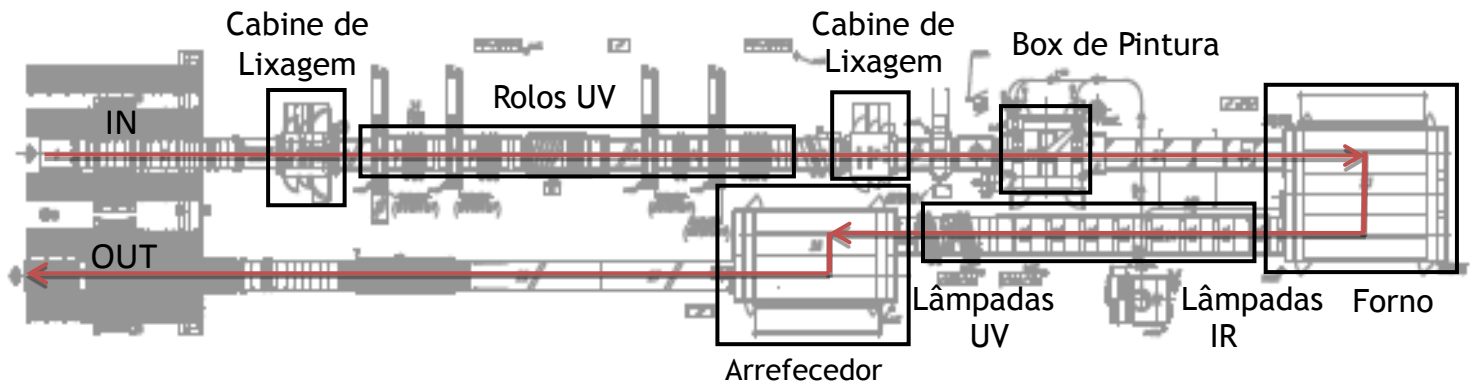


Figura 11 - Layout da linha 16.

Como referido anteriormente, as peças da família *Hemnes* não passam nas linhas de pintura spray sendo que estas se destinam apenas para as peças das famílias *Birkeland* e *Kitchen fronts*. Nestas linhas passam cerca de 624 referências de peças sendo que a linha 16 é utilizada apenas para peças de *Kitchen fronts*. A linha 15 é mais direcionada para as *Birkeland* e por fim, a linha 14 produz quer *Birkeland* quer *Kitchen fronts*.

A Tabela 4 apresenta os parâmetros medidos na pintura spray, que poderão ser constantes ou variáveis conforme a superfície a pintar e a tinta a usar.

Tabela 4 - Parâmetros da pintura spray, fixos e variáveis.

Parâmetros Fixos	Parâmetros variáveis com o tipo de superfície e de tinta
Temperatura das peças à entrada da box	Cor
Temperatura de secagem Z1/Z2/Z3 - Forno	Brilho
Temperatura de secagem <i>Flash off</i> - Forno	Velocidade da linha
Temperatura da box	Altura das pistolas
Humidade da box	Ângulo das pistolas
Tipo de bico das pistolas	Viscosidade
Ângulo lateral do bico das pistolas	Gramagem de tinta a aplicar
Pressão da bomba	Passagens/Fluxo de pintura da peça
Velocidade do carrossel	

Os parâmetros variáveis da pintura dependem principalmente da superfície a pintar e da tinta que se usa, dadas as diferentes reologias.

As passagens/fluxos no processo de pintura das peças são uma sequência de letras que representam as camadas de tinta a aplicar em cada lado da peça - lado A (lado de cima da peça que ficará visível no produto final) ou lado B (lado da peça que fica dentro do produto, onde é feita a furação, por exemplo) - Figura 12. No Anexo 3 encontram-se os valores dos parâmetros de pintura praticados nas linhas de pintura spray da PFF.



Figura 12 - Designação dos lados das peças - exemplo peça Utrusta.

2.4 Defeitos da pintura *spray*

Nas linhas de pintura *spray* ocorrem defeitos frequentes que tornam os produtos não conformes e que por isso necessitam passar novamente na linha de pintura, seguir para *rework* (área a que se destinam as peças com defeitos corrigíveis) ou, em caso extremo, seguir para a sucata, acarretando mais custos à empresa. O departamento de Qualidade é responsável pela fiscalização das peças que saem das linhas e pela respetiva classificação do defeito, preenchendo uma base de dados com a indicação do número de peças produzidas e rejeitadas diariamente por referência de produto.

Os defeitos relacionados com a tinta (pois na pintura também podem ocorrer problemas relacionados com a lixagem anterior à pintura) poderão ter a seguinte classificação, segundo o departamento da Qualidade:

- **Aspeto casca de laranja** - Efeito visual da tinta ondulada devido a gramagem elevada, entupimento de bico das pistolas, incorreta viscosidade, entre outros - Figura 13;

- **Cor** - Cor visualmente incorreta e/ou desvio da cor medida (ΔE) superior a 0,5 devido a gramagem incorreta, desvios de cobalto ou contaminação da tinta;
- **Brilho** - Brilho fora dos parâmetros estabelecidos devido a desvios da gramagem ou viscosidade da tinta;
- **Cortinas de tinta** - Excesso de tinta em zonas da superfície da peça - Figura 14;
- **Má cura** - Tinta não secou devidamente dada a falta de cobalto;
- **Efeito couro** - Aspeto superficial da peça com irregularidades semelhantes ao couro - Figura 15;
- **Escorridos** - Tinta escorrida nas laterais devido à baixa viscosidade - Figura 16;
- **Falha de tinta** - Pintura não uniforme devido ao entupimento das pistolas;
- **Impurezas** - Partículas de tinta seca/pêlos/poeiras depositados na peça - Figura 17;
- **Manchas azuis** - Resultado de excesso de cobalto;
- **Poros na superfície** - Pequenos orifícios nas peças resultantes de má selagem do MDF ou má lixagem - Figura 18;
- **Poros nas laterais** - Pequenos orifícios nas laterais resultantes da elevada porosidade do MDF - Figura 19;
- **Poros pretos** - Orifícios pretos na peça resultantes da composição do MDF. Por vezes partículas contidas no MDF ficam à superfície da peça após lixagem não permitindo uma pintura uniforme - Figura 20;
- **Sujidade de tinta no lado B** - Resultado da sujidade do tapete - Figura 21;
- **Excesso de tinta** - Elevada gramagem - Figura 22;
- **Excesso de tinta cortante** - Elevada gramagem localizada e viscosidade baixa - Figura 23.



Figura 13 - Exemplo do defeito aspeto casca de laranja.



Figura 14 - Exemplo do defeito cortinas de tinta.



Figura 15 - Exemplo do defeito efeito couro.

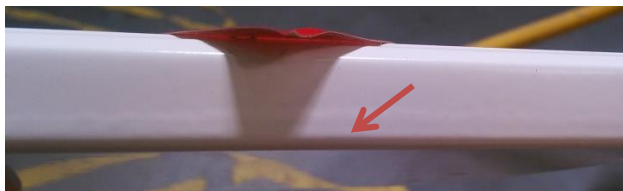


Figura 16 - Exemplo do defeito escorridos.



Figura 17 - Exemplos do defeito impurezas.



Figura 18 - Exemplo do defeito poros na superfície.



Figura 19 - Exemplo do defeito poros nas laterais.



Figura 20 - Exemplo do defeito poros pretos.



Figura 21 - Exemplo do defeito sujidade de tinta no lado B.



Figura 22 - Exemplo do defeito excesso de tinta.



Figura 23 - Exemplo do defeito excesso de tinta cortante.

Destacam-se como defeitos de lixagem: riscos, crateras, linha azul, marcas de rolo e marcas superficiais.

3 Descrição Técnica

As metodologias usadas para a elaboração deste trabalho são descritas a seguir estando divididas por estudo/objetivo proposto.

3.1 Estudo da ocorrência de defeitos

Para o estudo da ocorrência de defeitos nas peças das linhas de pintura spray recorreu-se às seguintes fontes de informação:

1. **Base de Dados da Qualidade** - Documento restrito aos colaboradores do departamento da Qualidade com os registos das peças rejeitadas (quer para serem retrabalhadas quer para sucatar) por defeito, respetiva referência e ordem de produção, quantidades e dia do registo (que frequentemente não é coincidente com o dia de produção).
2. **OEE** - Documento partilhado em rede no qual são registados todos os dados de produção como referências produzidas, número da ordem de produção, quantidades produzidas, manutenções/paragens de linha e respetiva eficiência da linha. Existe uma folha por turno (sendo que existem 4 turnos - 3 diários durante a semana e o restante labora aos fins de semana e feriados) e por linha de produção onde as informações são registadas de 5 em 5 minutos durante o horário de trabalho do respetivo turno.
3. **Registos das receitas** - A cada box de pintura está associado um sistema eletrónico onde os operadores atuam para realizar as receitas de tinta, descarregar a misturadora (reator) ou realizar receita de limpeza. Este sistema mede a massa de cada componente da mistura de tinta e sempre que os operadores executam um comando de descarregar a misturadora, os dados relativos à massa do pigmento, cobalto, solvente e endurecedor, bem como a hora da descarga, são registados num dispositivo de armazenamento USB agregado ao sistema eletrónico. Para ter acesso ao dispositivo de armazenamento da informação é necessário ter a chave do quadro eletrónico.
4. **Registos de Autocontrolo** - Documento partilhado em rede com os registos de todos os parâmetros do processo de uma dada produção:
 - ✓ Hora, referência e número da ordem de produção;
 - ✓ Tipo de tinta e gramagem aplicada;
 - ✓ Temperatura e humidade da box;

- ✓ Temperaturas e humidade do forno;
- ✓ Viscosidade da tinta;
- ✓ Velocidade do tapete da respetiva produção;
- ✓ Velocidade, altura e ângulo dos bicos das pistolas;

Estes dados são registados pelo operador, durante o seu horário de trabalho, com uma periodicidade de 15 min.

Além dos parâmetros do processo anteriormente referidos também são registados se o aspeto superficial está conforme, o valor de ΔE e o brilho a cargo dos colaboradores do departamento da Qualidade.

5. **Sensores de temperatura e humidade exterior** - Na parte exterior da fábrica existe um sensor de temperatura e humidade que regista os dados a cada 5 minutos e os grava num dispositivo USB com 3 meses de capacidade de armazenamento de dados.

3.2 Estudo da relação entre a gramagem aplicada e a cor/brilho obtido

Para o estudo da relação gramagem versus cor/brilho efetuaram-se ensaios nas linhas de pintura spray onde se aplicaram diversas gramagens (tinta top lado A) para as correlacionar com a cor obtida (desvio total da cor, ΔE - Equação 1) e com o brilho. Deste modo, realizaram-se dois testes usando duas cores: W2.5 e GREY. As especificações dos ensaios encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5 - Especificações dos testes de W2.5 e GREY para correlação da gramagem/cor.

Teste W2.5		Teste GREY
Camadas aplicadas anteriormente ao top A	Base spray - Sealer UV - Base UV - Primer UV	Base spray
Gramagens recomendadas (g/m ²)	150 - 170	140 - 170
<u>Ensaio:</u>	<u>Gramagens aplicadas (g/m²):</u>	<u>Gramagens aplicadas (g/m²):</u>
1	115	118
2	132	138
3	152	161
4	178	178
5	190	-

As gramagens da tinta nas linhas de pintura spray são controladas através de uma válvula manual que regula a pressão da bomba injetora de tinta. Para a medição da gramagem são introduzidos provetes pesados previamente (peças de MDF com área de 1 m²) na linha de produção após a cabine de lixagem que, após submeterem-se à pintura na box são imediatamente retirados para posterior pesagem. A diferença entre as duas pesagens fornece o valor da gramagem de tinta que se está a aplicar na box, em g/m².

Para o ensaio com W2.5 realizaram-se 4 medições de cor e brilho de modo a verificar a influência da gramagem na cor e brilho final bem como a evolução da cor/brilho com o tempo, cujo espaçamento temporal entre elas foi variável. No caso do ensaio GREY foram realizadas apenas 2 medições de cor e brilho devido à indisponibilidade de tempo. As coordenadas da cor, e consequentemente o ΔE de cada ensaio foram medidas com o espectrofotómetro que realiza a média entre 3 leituras na superfície das peças. O brilho de cada uma foi obtido através de um dispositivo digital específico tendo-se realizado a média aritmética das leituras em 3 pontos diferentes das peças.

3.3 Otimização da pressão de alimentação do cobalto

Uma vez que os níveis dispare de cobalto são responsáveis por diversos defeitos nas peças efetuou-se a análise da variabilidade do seu sistema de bombeamento através da informação adquirida nos registos das receitas, descrito anteriormente.

A bomba responsável por encaminhar o cobalto para as três linhas spray, que se encontra na casa das tintas (Anexo 1), operava inicialmente a 6 bar. Para o presente estudo diminuiu-se consecutivamente a pressão da bomba de alimentação de 6 para 4 bar, de 4 para 2,5 bar e de 2,5 para 1,5 bar analisando posteriormente os efeitos na variabilidade dos níveis do cobalto a partir dos registos das receitas de cada linha spray. De notar que a pressão mínima de operação da bomba em questão é de 1 bar. Nas imediações de cada misturadora de cada linha spray também existe uma válvula manual para a necessidade de atuar em situações de avaria.

4 Resultados e Discussão

Os resultados obtidos para cada objetivo proposto, acompanhados da respetiva discussão, apresentam-se seguidamente.

4.1 Estudo da ocorrência de defeitos

Através dos registos diários dos defeitos na produção, obtidos através da base de dados da Qualidade, foi possível calcular a percentagem de peças com os respetivos defeitos na produção total das três linhas de pintura *spray* para o ano de 2013 - Figura 24.

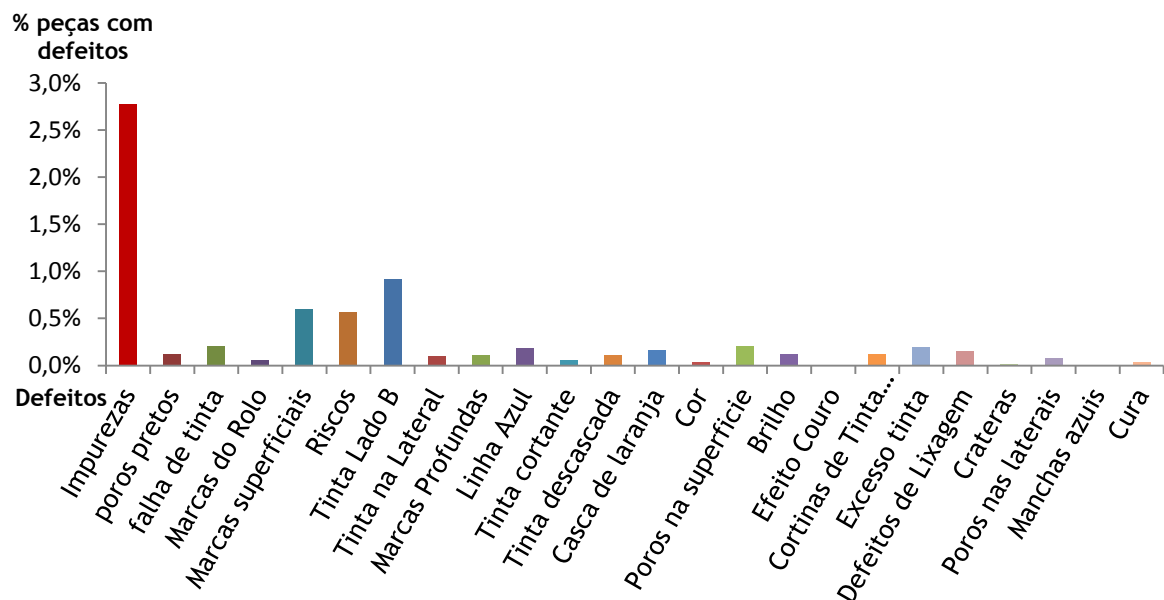


Figura 24 - Gráfico dos principais defeitos nas linhas de pintura spray em 2013.

O gráfico da Figura 24 permite aferir que o defeito impurezas é o mais crítico nas três linhas de pintura spray, seguido de sujidade de tinta no lado B e riscos, estando o último relacionado com a lixagem pré-pintura.

Evolução anual do defeito “impurezas” nas linhas de pintura spray

Uma vez que as impurezas são o maior defeito das linhas de pintura spray apuraram-se as suas ocorrências no período de janeiro de 2013 a março de 2014, para cada linha, de modo

a aferir quanto à existência de algum padrão temporal e qual a linha de pintura spray que apresenta mais frequentemente este defeito - Figura 25.

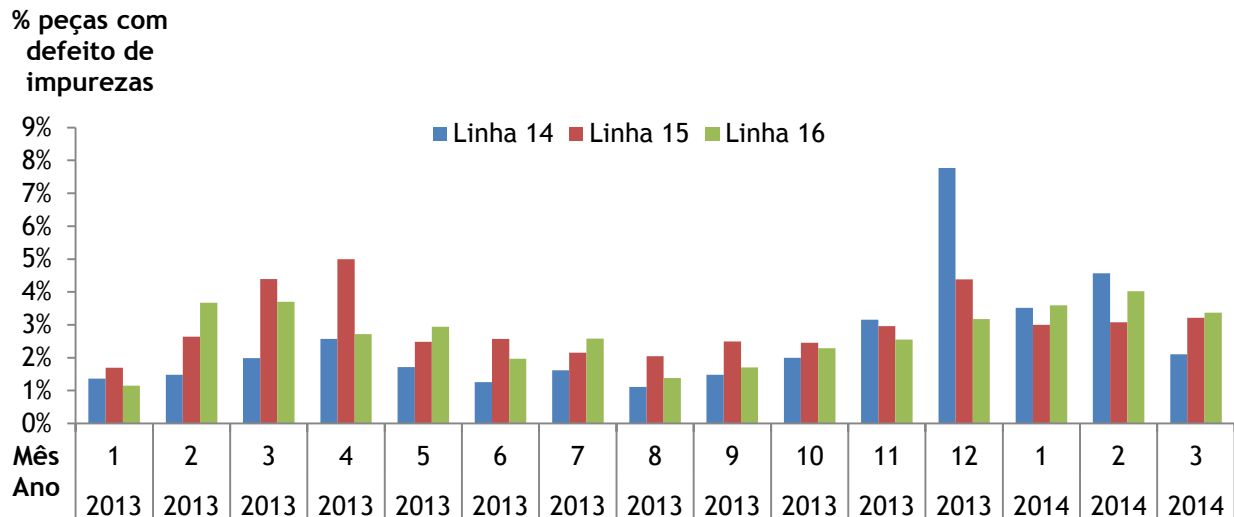


Figura 25 - Ocorrência de impurezas nas três linhas de pintura spray ao longo de 2013 e nos primeiros 3 meses de 2014.

Da Figura 25 observa-se um decréscimo na ocorrência de impurezas na produção entre julho e setembro de 2013, o que poderá ser resultado das temperaturas mais elevadas, características da estação do ano. Contudo, não se verifica um comportamento similar nos primeiros meses de 2013 quando comparados com o mesmo período de 2014 sugerindo que o aparecimento de impurezas nas peças não será um efeito do mês do ano e que estarão envolvidos outros fatores.

O desgaste natural dos equipamentos poderia ser um fator envolvido no defeito das impurezas. No entanto, o gráfico da Figura 25 demonstra que ao longo do ano não existe um crescimento na ocorrência de impurezas na produção, que seria de esperar caso o uso contínuo dos equipamentos tivesse relação com a imperfeição associada às impurezas.

A Tabela 6 apresenta as percentagens médias de aparecimento de impurezas na produção das linhas de pintura spray para o ano de 2013 e para o período de janeiro a março de 2013 e de 2014.

Tabela 6 - Ocorrência média de impurezas no ano de 2013, de janeiro a março de 2013 e de janeiro a março de 2014 na respectiva produção de cada linha de pintura spray.

Linha	% média de peças com defeito impurezas em 2013	% média de peças com defeito impurezas de jan. a mar. de 2013	% média de peças com defeito impurezas de jan. a mar. de 2014
14	2,37%	1,59%	3,30%
15	2,79%	2,56%	3,07%
16	2,43%	2,93%	3,69%

Em 2013, a linha 15 apresentou mais peças com defeito de impurezas (2,79%) e verifica-se um aumento de ocorrências de impurezas nas peças das três linhas de pintura spray em janeiro a março de 2014 relativamente ao período de janeiro a março de 2013, sobressaindo a linha 16 para a imperfeição em análise, nos dois períodos de 2013 e 2014. As diferenças observadas na tabela 6 não são muito significativas uma vez que são valores médios de períodos longos e, da análise mais detalhada da Figura 25, análise mensal, verifica-se com mais detalhe a incidência do defeito impurezas em cada linha de pintura spray. Em 2014 a produção aumentou relativamente a 2013 pelo que o aparecimento de mais impurezas nas peças seja esperado, pois quanto mais peças se produzem maior a probabilidade de ocorrer este defeito.

Uma vez que o nível de produção aumentou de 2013 para 2014, e como se registou um aumento de impurezas nas peças em 2014 (quando comparadas com o mesmo período de 2013) não se poderá tirar ilações quanto à relação entre a ocorrência do defeito impurezas e o período do ano do seu aparecimento.

No Anexo 3 encontra-se representada graficamente a comparação individual de cada linha de pintura spray de janeiro a março de 2013 e de 2014.

Relação entre a incidência do defeito “impurezas” e o tipo de produto

Para a análise do defeito impurezas teve-se ter em consideração o tipo de peça que se produz nas linhas spray pelo que, através da informação contida na base de dados da Qualidade se obteve os valores da percentagem de peças de cada grupo com o defeito impurezas em 2013 (cujos resultados obtidos para cada grupo são relativos à produção total do respetivo grupo de peças) - Tabela 7.

Tabela 7 - Percentagem de peças com defeito de impurezas por grupo de produtos nas linhas de pintura spray em 2013.

Família	Grupo	Percentagem de peças com o defeito impurezas (sobre o total produzido desse grupo)
<i>Kitchen Fronts</i>	<i>APPLÅD</i>	3,13%
<i>Birkeland</i>	<i>Birkeland door</i>	2,82%
<i>Kitchen Fronts</i>	<i>Perfekt</i>	2,56%
	<i>STÅT</i>	2,33%
	<i>BODBYN</i>	2,29%
	<i>VEDDINGE</i>	2,15%
	<i>Lidingo</i>	1,87%
	<i>FÖRBÄTTRA</i>	0,00%
	<i>HITTARP</i>	0,00%
<i>UTRUSTA</i>	<i>UTRUSTA</i>	0,00%

Em 2013, as peças do grupo *APPLÅD*, *Birkeland door* e *Perfekt* apresentaram mais peças com o defeito impurezas (relativamente à produção do respectivo grupo de produtos) pois as suas dimensões, superiores às restantes, aumentam a probabilidade de queda de partículas externas classificadas com impurezas.

Relação entre a incidência do defeito “impurezas” e a tinta aplicada

As tintas utilizadas nas linhas de pintura spray apresentam reologias distintas pelo que se pretendeu apurar qual a tinta aplicada nas peças que mais impurezas apresentou no ano de 2013. Da análise dos registos de impurezas da base de dados da Qualidade obteve-se a ocorrência deste defeito por tinta utilizada nas linhas de pintura spray (cujos valores obtidos para cada tinta aplicada são relativos a toda a produção que utilizou essa mesma tinta) - Tabela 8.

Tabela 8 - Percentagem de peças com defeito de impurezas por cor usada nas linhas de pintura spray em 2013.

Cor	Percentagem de peças com o defeito impurezas
W5	2,76%
W2.5	2,15%
W2	2,14%
GREY	1,93%

Nota: W5 inclui as tintas W5 e W5k.

Seria de esperar que uma tinta mais clara, como a W2 ou W2.5, apresentasse uma percentagem de peças com impurezas superior, dada a melhor visualização que se tem nestas peças. Contudo, em 2013, as peças pintadas com W5 apresentaram mais impurezas que as peças pintadas com as restantes tintas, havendo uma diferença mais considerável para as peças pintadas com Grey. De salientar que a produção de cada tinta é variável, aumentando a probabilidade de ocorrência de impurezas para a tinta com maior produção, que neste caso é a tinta W5. Para esta análise obteve-se o valor percentual das peças pintadas com cada tinta em relação à quantidade total produzida com essa mesma tinta, sendo que se pinta com menos frequência a tinta Grey e por isso se registou menos impurezas. Desta análise não se poderá afirmar qualquer influência da reologia da tinta no aparecimento do defeito em estudo.

Relação entre a incidência do defeito “impurezas” e fatores exteriores à produção

Para relacionar a ocorrência de impurezas com os fatores exteriores, como a temperatura e a humidade relativa no exterior da fábrica, só foi possível obter os dados de janeiro a março de 2013 (uma vez que os dados foram recolhidos em março de 2013 tendo-se perdido os registos posteriores desse ano) e de janeiro a março de 2014, altura em que se procedeu à recolha do dispositivo de armazenamento de dados. As figuras que se seguem apresentam a correspondência diária entre a temperatura média e humidade relativa média exterior da fábrica e a ocorrência de impurezas para o período de janeiro a março de 2013 e de 2014.

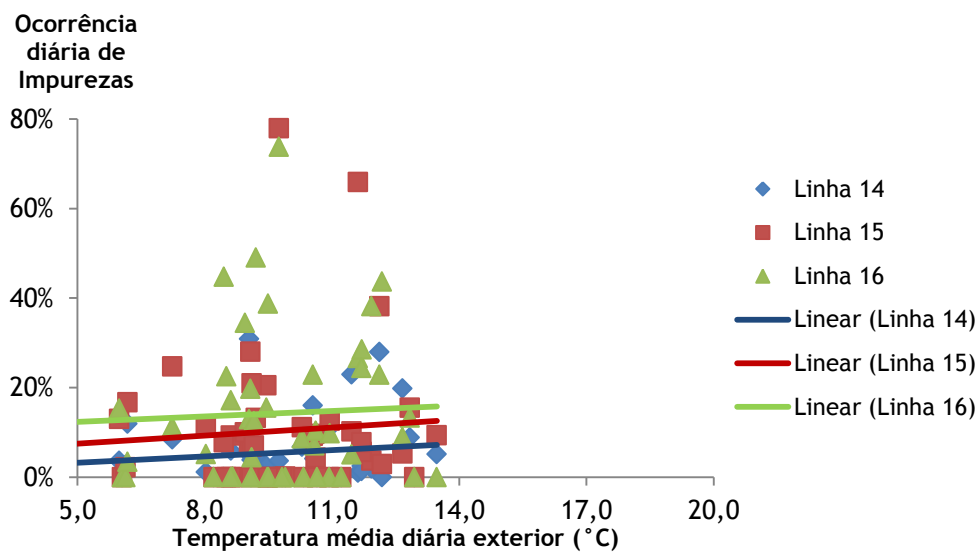


Figura 26 - Ocorrência diária de impurezas nas peças das linhas de pintura spray *versus* temperatura média exterior da fábrica - janeiro a março de 2013.

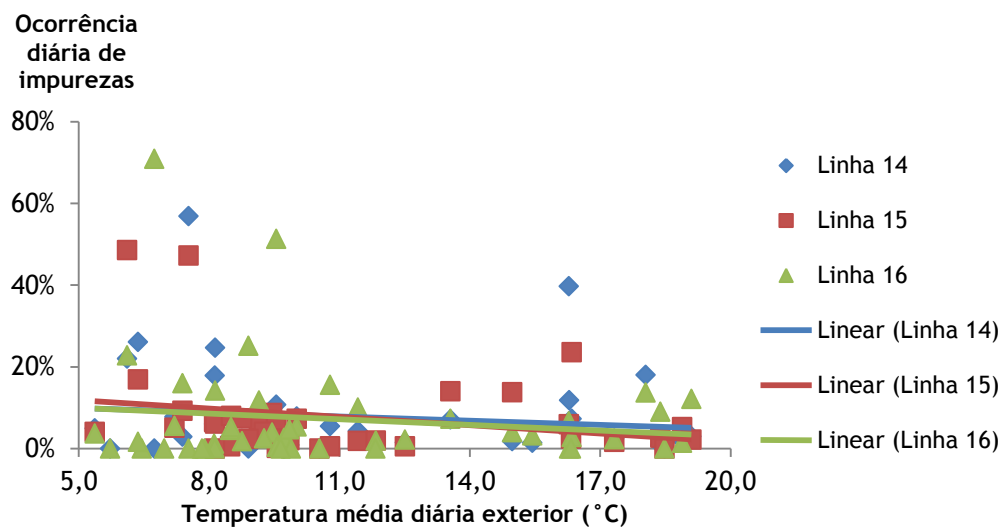


Figura 27 - Ocorrência de impurezas nas peças das linhas de pintura spray *versus* temperatura média exterior da fábrica - janeiro a março de 2014.

Em 2014 e 2013 (Figuras 26 e 27, respetivamente) a temperatura média exterior, que também tem consequência na temperatura interior na fábrica, não demonstra um efeito acentuado ao nível do aparecimento das impurezas nas peças de produção. Além disto, traçando a linha de tendência linear nos dados de cada linha spray verifica-se que para 2014 estas apresentam inclinação contrária aos de 2013, apesar do reduzido declive. Caso houvesse

alguma influência deste parâmetro na pintura spray esperar-se-ia um comportamento similar entre o aparecimento de impurezas e o aumento/diminuição da temperatura exterior.

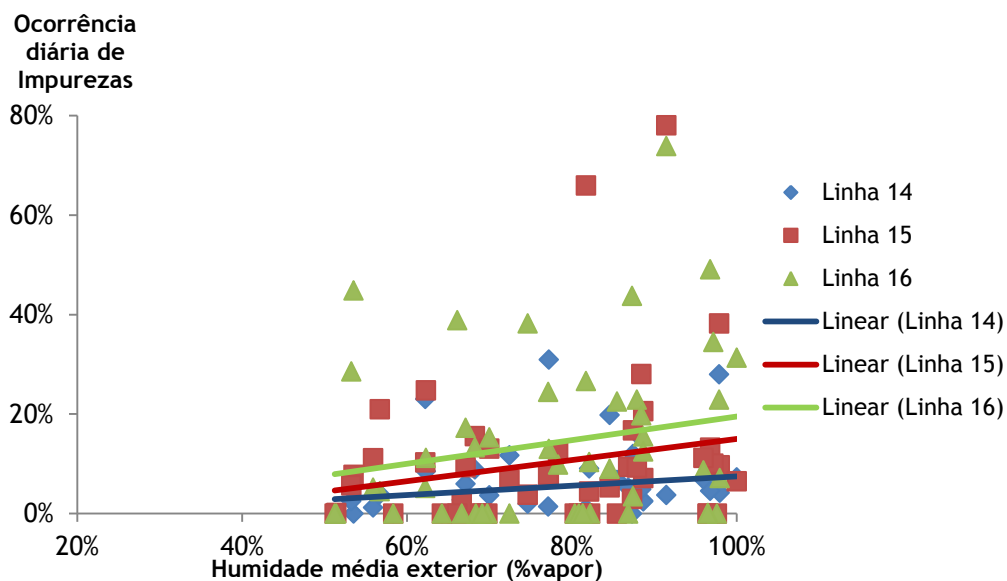


Figura 28 - Ocorrência de impurezas nas peças das linhas de pintura spray versus humidade relativa média exterior da fábrica - janeiro a março de 2013.

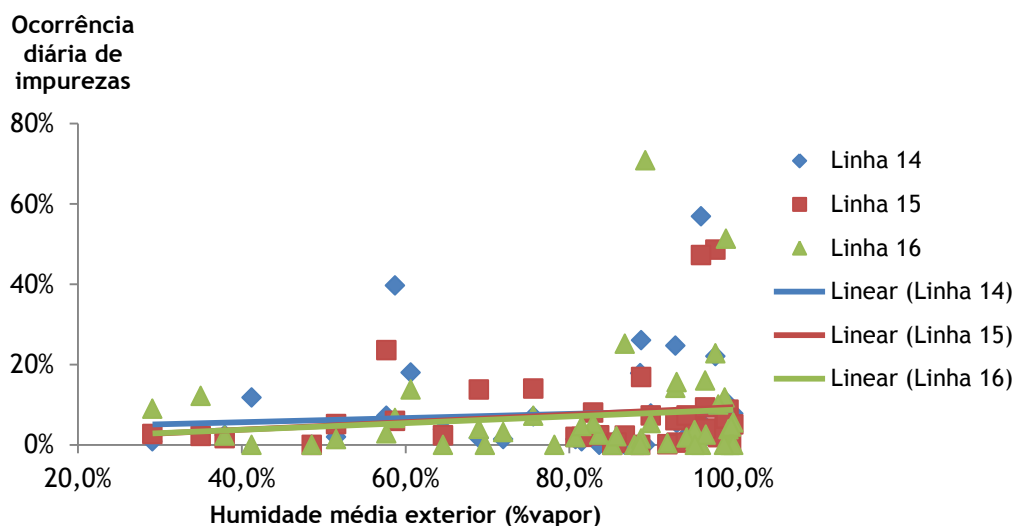


Figura 29 - Ocorrência de impurezas nas peças das linhas de pintura spray versus humidade relativa média exterior da fábrica - janeiro a março de 2014.

A humidade relativa média exterior aparenta ter um efeito na ocorrência de impurezas (o aumento da humidade relativa exterior causa um ligeiro aumento do aparecimento de impurezas) contudo, à partida não será um fator que atue diretamente e isoladamente sobre a problemática em questão.

Relação entre a incidência do defeito “impurezas” e fatores internos à produção

Como se verificou pelo gráfico da Figura 25, o ano de 2014 iniciou-se com níveis mais elevados de peças com impurezas, comparativamente ao mesmo período de 2013. Assim, para avaliar a relação/efeito dos fatores internos de produção na ocorrência deste defeito teve-se em consideração parâmetros de processo produtivo como a viscosidade da tinta, temperatura da box e a humidade da box. Os restantes parâmetros de produção (como a velocidade da linha, parâmetros do carrossel e bicos das pistolas, entre outros) foram excluídos desta análise por serem constantes e porque a maioria das impurezas nas peças são detetáveis à saída da box, não havendo relação com o forno e máquinas a jusante. As próximas figuras demonstram as comparações entre os registos da viscosidade da tinta, da humidade e temperatura da box em 2013 e 2014, para o período de janeiro a março, em cada linha de pintura spray de modo a se aferir quanto às diferenças de cada um que justifiquem o aumento da ocorrência de impurezas nas peças em 2014. Além dos registos dos parâmetros em análise também é assinalado o intervalo de operação recomendado de cada um, a viscosidade da tinta deverá estar entre os 18 e 22 s, a temperatura da box terá de se encontrar entre 20°C e 30°C e a humidade da box deverá estar acima dos 40% de água, uma vez que abaixo deste valor aumenta a probabilidade de seca das partículas de tinta.

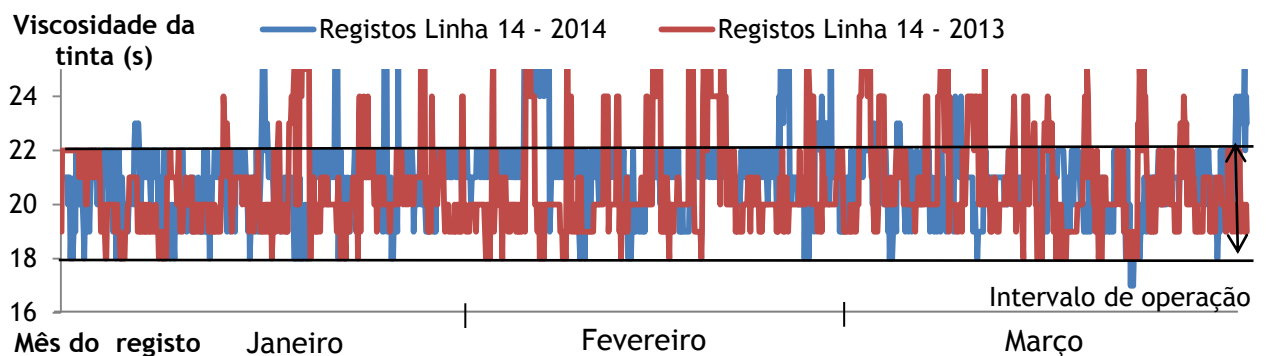


Figura 30 - Comparação da viscosidade da tinta na linha 14 de janeiro a março de 2013 e de 2014.

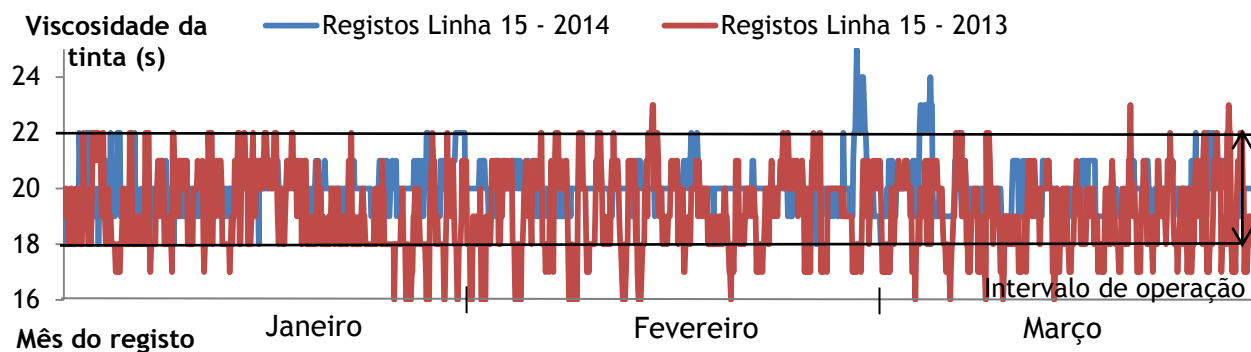


Figura 31 - Comparação da viscosidade da tinta na linha 15 de janeiro a março de 2013 e de 2014.

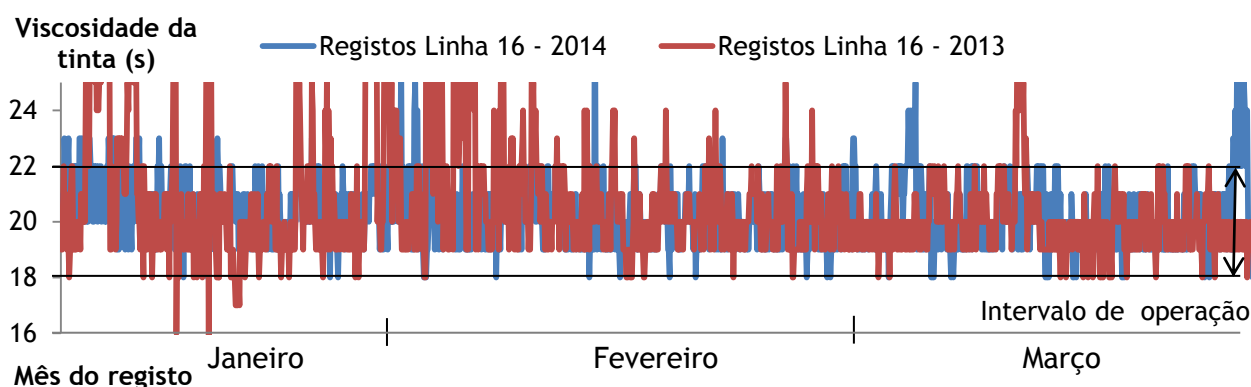


Figura 32 - Comparação da viscosidade da tinta na linha 16 de janeiro a março de 2013 e de 2014.

Nota: A viscosidade da tinta tem a unidade segundo uma vez que é medida da seguinte forma: enche-se um cone invertido com abertura no fundo (e um dado volume) com a tinta e, com o auxílio de um cronómetro, mede-se o tempo que demora a esvaziar completamente.

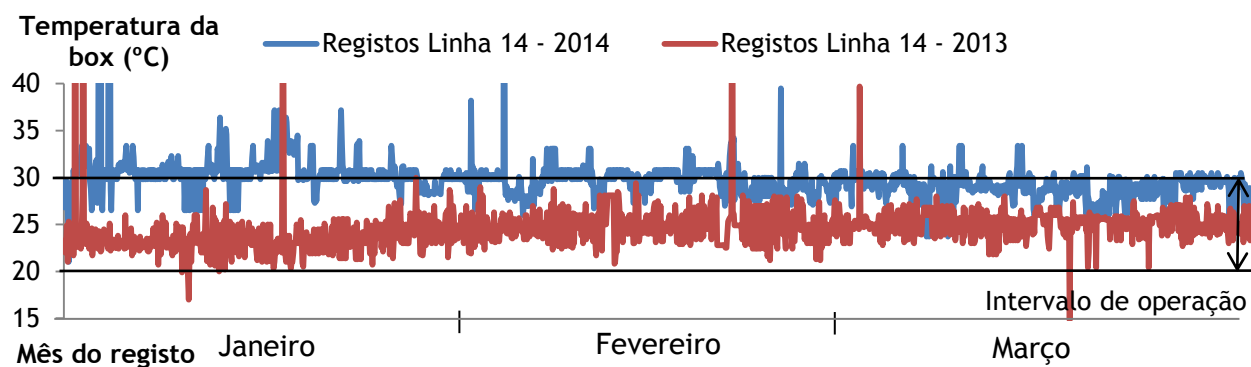


Figura 33 - Comparação da temperatura da box na linha 14 de janeiro a março de 2013 e de 2014.

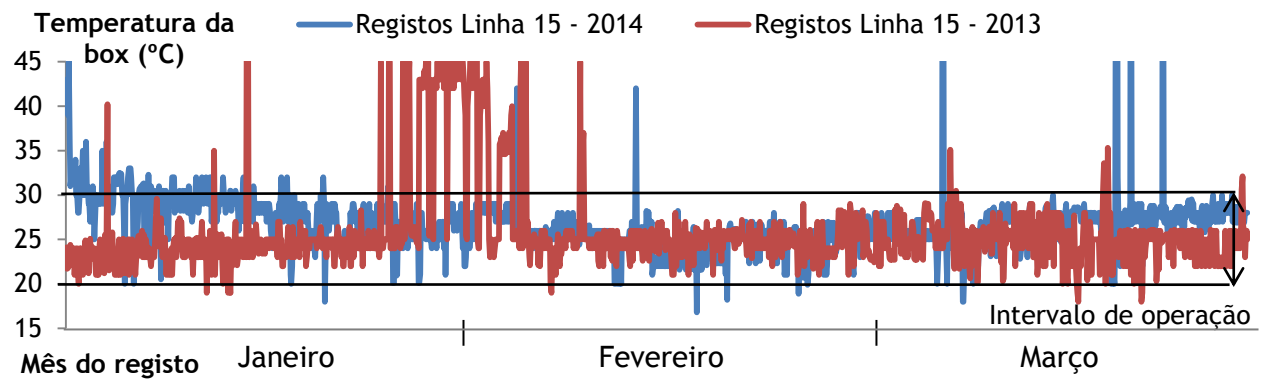


Figura 34 - Comparação da temperatura da box na linha 15 de janeiro a março de 2013 e de 2014.

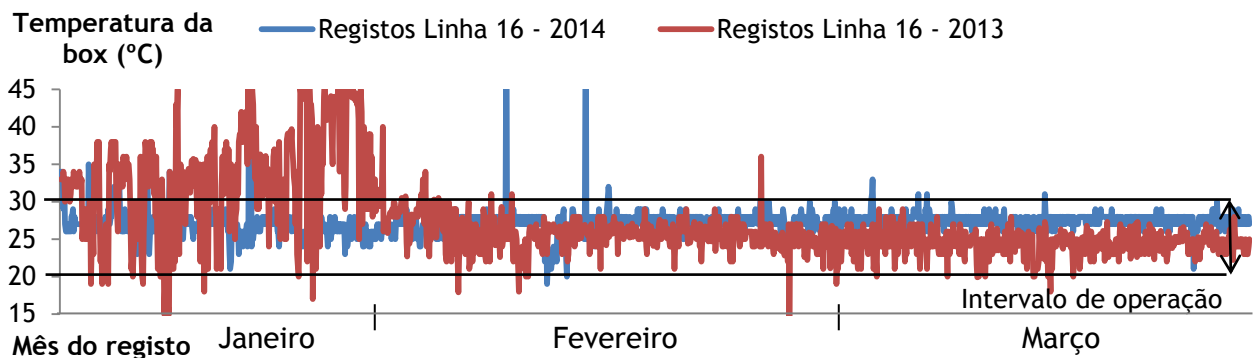


Figura 35 - Comparação da temperatura da box na linha 16 de janeiro a março de 2013 e de 2014.

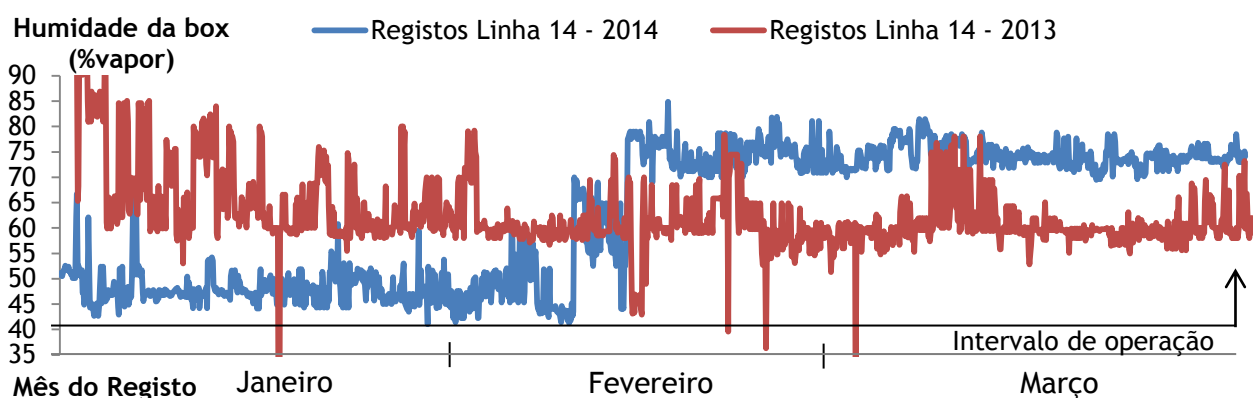


Figura 36 - Comparação da humidade da box na linha 14 de janeiro a março de 2013 e de 2014.

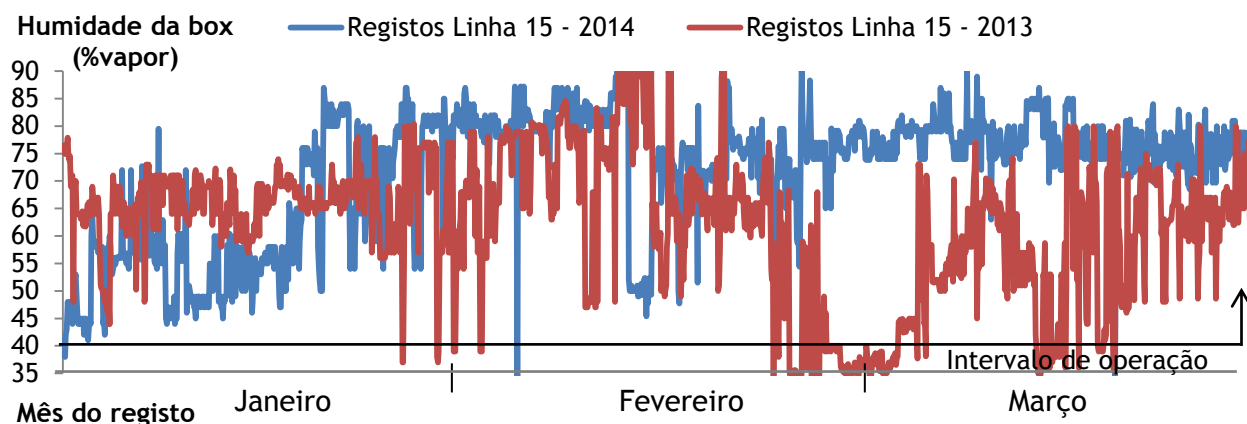


Figura 37 - Comparação da umidade da caixa na linha 15 de janeiro a março de 2013 e de 2014.

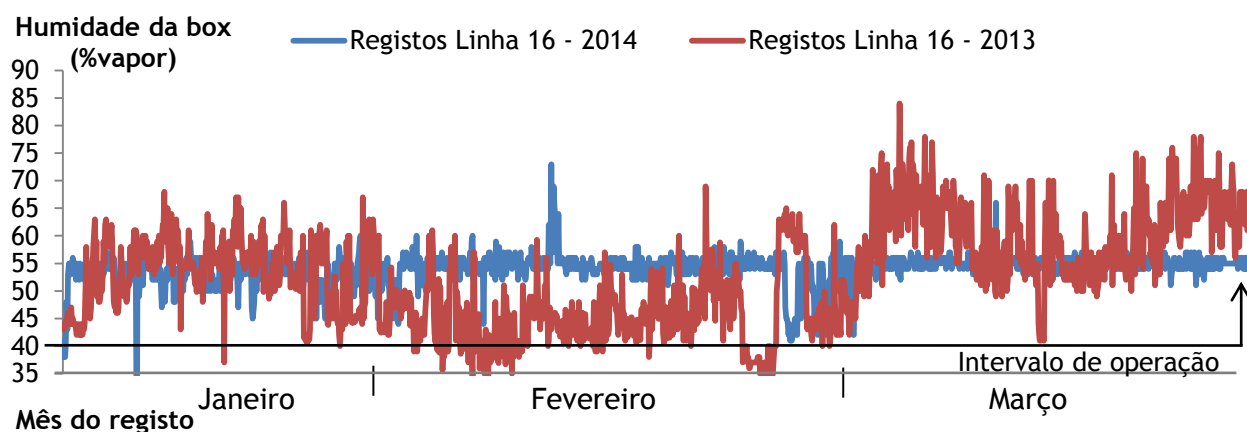


Figura 38 - Comparação da umidade da caixa na linha 16 de janeiro a março de 2013 e de 2014.

Nas figuras anteriores, com exceção da temperatura da caixa da linha 14, verifica-se que, para todos os parâmetros analisados, em 2014 aumentou o controle do processo estabilizando as variáveis nos patamares recomendados. Contudo, neste ano ocorreram mais peças com impurezas.

Uma vez que, para o período analisado de 2014, todas as variáveis estudadas se encontraram mais estáveis e dentro dos limites de operação quando comparadas com o mesmo período de 2013, é possível inferir que os parâmetros revistos não são diretamente influenciadores na ocorrência de impurezas nas peças de pintura spray.

Relação entre a incidência do defeito “impurezas” e limpezas semanais

As limpezas dos equipamentos são um fator com interesse do ponto de vista do aparecimento das impurezas uma vez que a sujeira acumulada poderá entrar na box de pintura e provocar este defeito. Assim, apurou-se os dados diários das peças com este defeito de janeiro a março de 2013 e de 2014, sabendo que em 2013 as limpezas gerais eram efetuadas ao sábado e não existia produção aos fins de semana. Em 2014 integrou-se mais um turno (4º turno) que labora aos fins de semana e feriados e cujas limpezas gerais são realizadas também no final do dia de sábado. Os resultados encontram-se na Figura 39 e 40, para 2013 e 2014, respetivamente.

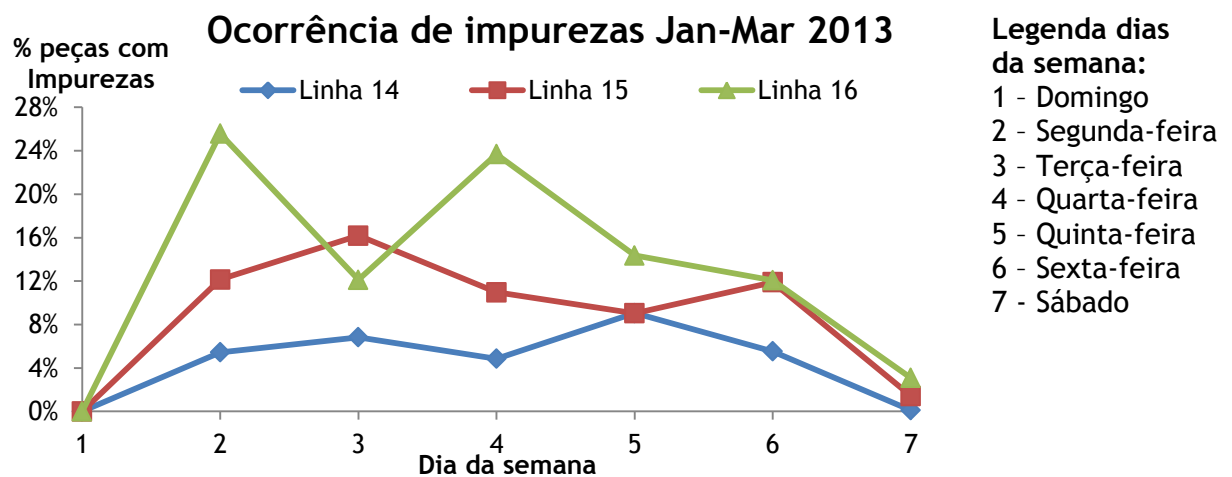


Figura 39 - Ocorrência de impurezas na produção por dia da semana no período de janeiro a março de 2013.

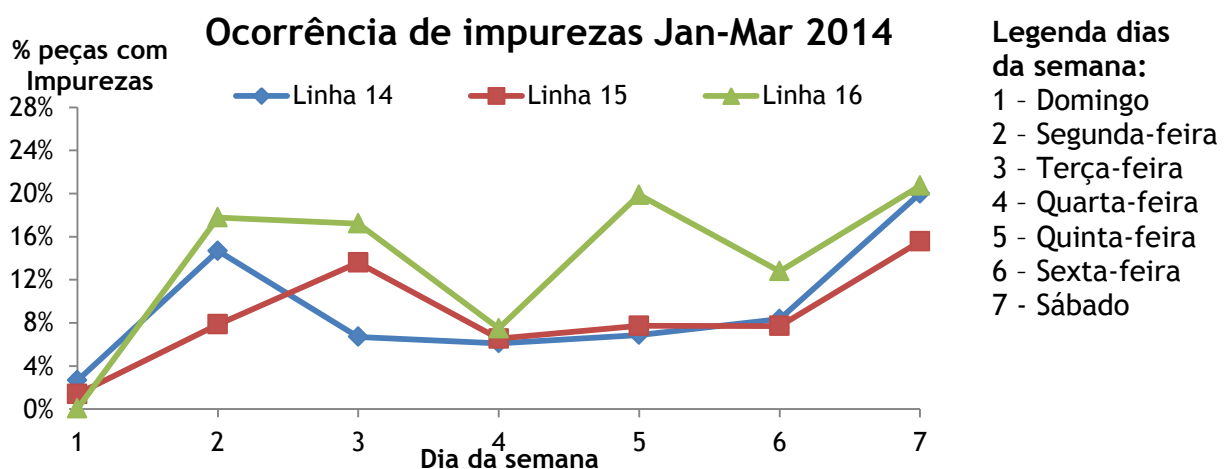


Figura 40 - Ocorrência de impurezas na produção por dia da semana no período de janeiro a março de 2014.

Das figuras anteriores verificam-se picos de aparecimento de impurezas nas peças à segunda-feira e valores mais baixos à sexta-feira, quer em 2013 quer em 2014. Observa-se ainda que a evolução média semanal da ocorrência de impurezas não é crescente. Assim, admite-se que a ocorrência de impurezas na produção não está relacionada com as limpezas gerais.

4.2 Estudo da relação entre a gramagem aplicada e a cor/brilho

A Tabela 9 apresenta os dias após a produção em que foram realizadas as medições de cor e brilho para os ensaios de tinta W2.5 e Grey.

Tabela 9 - Dias após a produção em que foram realizadas as medições de cor e brilho dos ensaios W2.5 e Grey.

Medição	Ensaio W2.5	Ensaio Grey
	Dias após produção	Dias após produção
1 ^a	0	0
2 ^a	7	4
3 ^a	14	-
4 ^a	16	-

Os resultados dos ensaios efetuados com a tinta W2.5 para o desvio da cor (ΔE) relativamente à gramagem de tinta aplicada apresenta-se na Figura 40 que se segue. O desvio da cor deverá ser inferior a 0,5, sendo que o ideal é ser 0 enquanto o brilho deverá rondar os 35/45 GU, no caso da tinta W2.5.

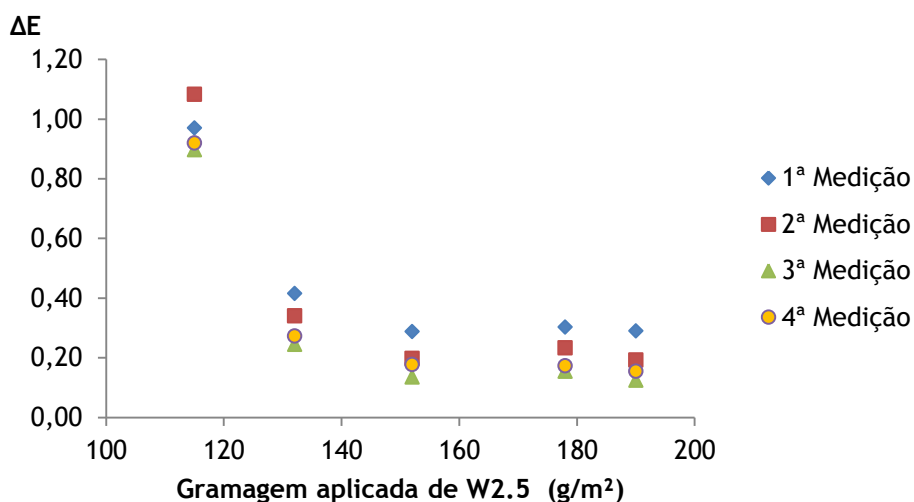


Figura 41 - Relação entre desvio da cor (ΔE) e a gramagem aplicada de tinta W2.5.

Para os ensaios realizados com a tinta W2.5 verifica-se que o aumento da gramagem aplicada resulta num menor desvio da cor que tende para os 0,20, o que seria de esperar uma vez que o top é responsável por dar a cor à peça. A partir dos 130 g/m², o desvio da cor encontra-se sempre abaixo dos 0,40 considerando-se um valor aceitável para este parâmetro. Da análise da Figura 41 apurou-se que ao longo do tempo, com as 4 medições, o desvio da cor tende a diminuir, sendo que no final de 16 dias (4ª medição) se verifica um ligeiro aumento relativamente à medição anterior, sugerindo estabilização do parâmetro em estudo.

Uma vez que a variação da cor é significativa optou-se por traçar a evolução do desvio das coordenadas da cor de modo a aferir quanto à coordenada mais crítica - Figuras 42, 43 e 44.

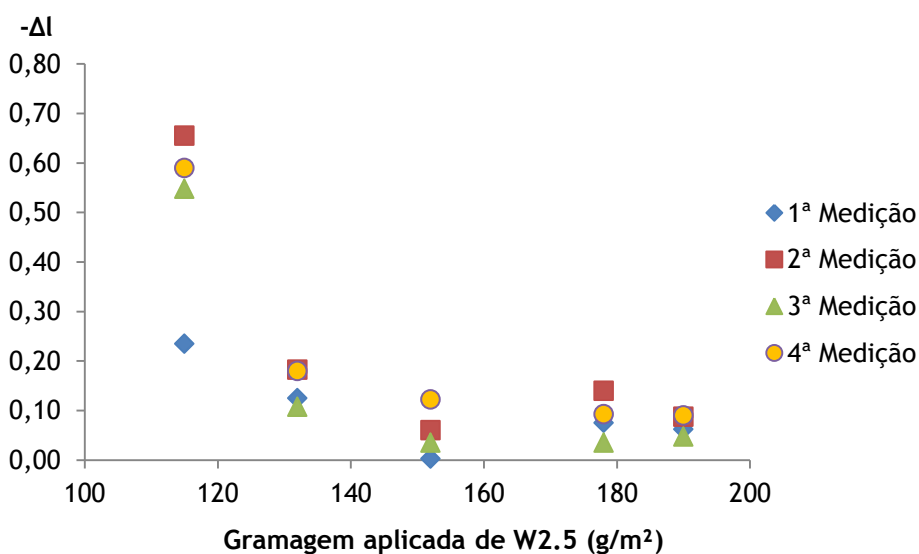


Figura 42 - Relação de Δl com a gramagem aplicada de W2.5.

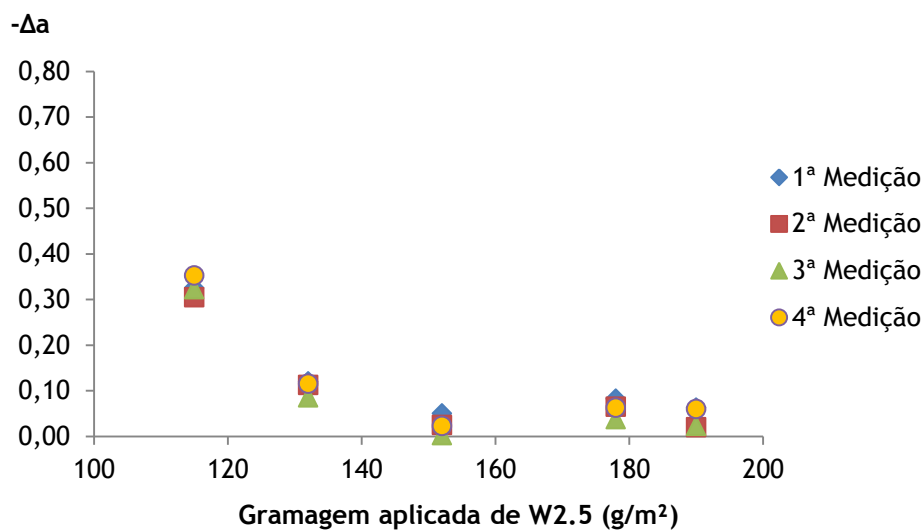


Figura 43 - Relação de Δa com a gramagem aplicada de W2.5.

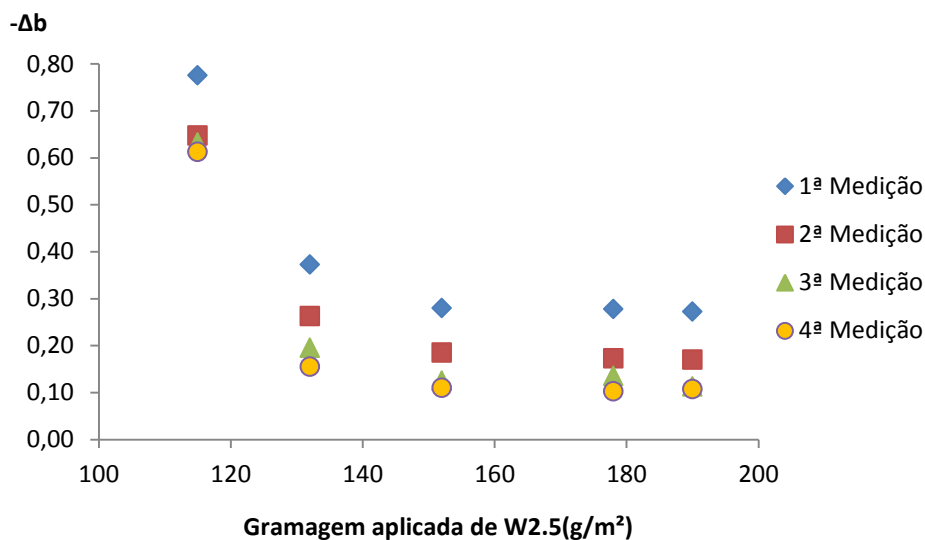


Figura 44 - Relação de Δb com a gramagem aplicada de W2.5.

A coordenada de cor que apresenta maior variação entre gramagens de tinta aplicada e medições efetuadas foi Δb cujos valores mais elevados correspondem a cor mais azulada. Para a gramagem mais baixa, de 115 g/m^2 , todas as coordenadas se encontram com grande desvio, sendo que este diminui drasticamente para gramagens de 132 g/m^2 . Após 16 dias da produção, as peças apresentam valores de Δl e Δa próximos de 0 sendo que a coordenada mais crítica é Δb , correspondendo a cores mais azuladas (pois o desvio é negativo).

A figura que se segue apresenta a relação entre o brilho e a gramagem aplicada de W2.5.

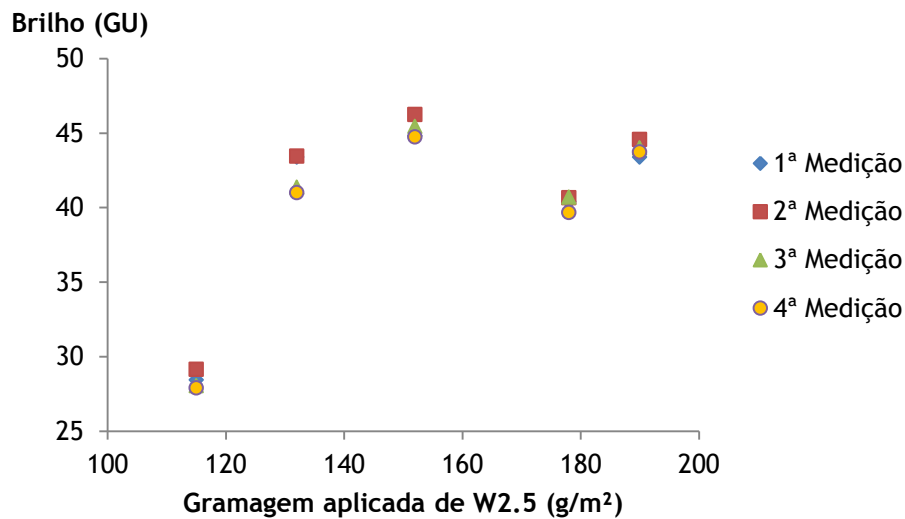


Figura 45 - Relação entre brilho e a gramagem aplicada de tinta W2.5.

Relativamente ao brilho, Figura 45, o aumento da gramagem também implica maior quantidade de *gloss enhancer* depositada na peça pelo que o aumento da gramagem resultará, à priori, num aumento do brilho. Contudo, não se verifica um aumento exponencial, pois para a gramagem de 178 g/m² ocorre uma diminuição do brilho. Mesmo assim, os valores do brilho, a partir de 120 g/m² encontram-se num intervalo aceitável entre 40 e 45 GU. A evolução temporal do brilho não se comporta como o desvio da cor pois a partir da 3ª medição (passados 14 dias da produção) o brilho estabiliza ligeiramente abaixo da 2ª medição.

As Figuras 46 e 47 apresentam os gráficos de ΔE e do brilho em função da gramagem aplicada de Grey, sendo que o brilho recomendado para este tipo de tinta estará entre 30 GU e 40 GU. Para os ensaios com esta tinta só foi possível realizar 2 ensaios pelo que não foram estudadas as coordenadas de cor dada a escassez de dados para uma completa análise.

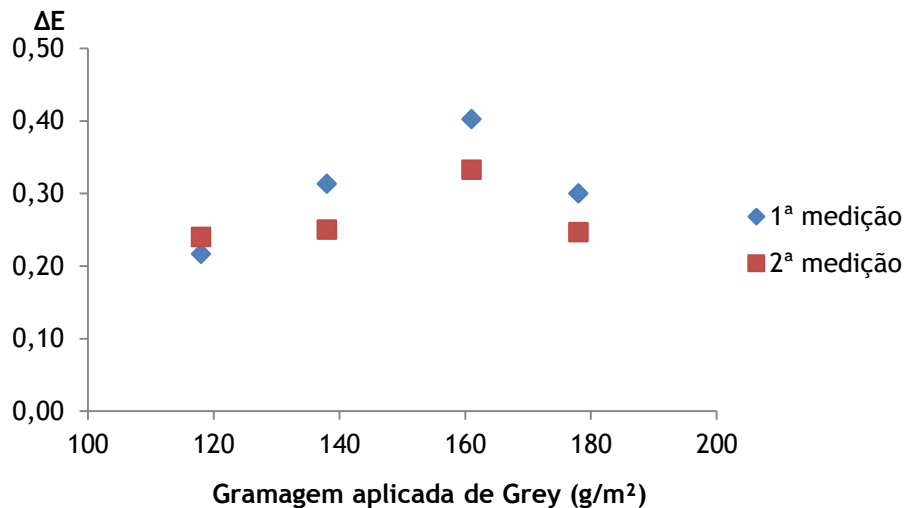


Figura 46 - Relação entre ΔE e a gramagem aplicada de tinta GREY.

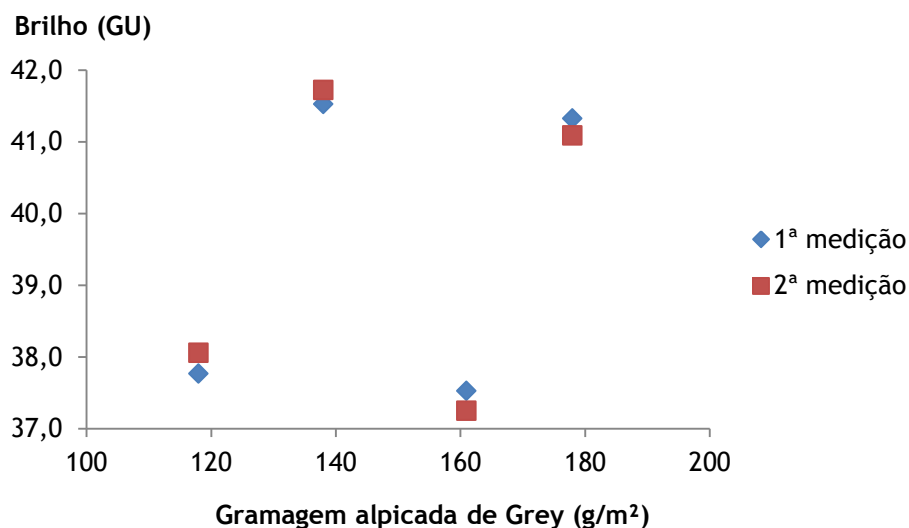


Figura 47 - Relação entre brilho e a gramagem aplicada de tinta GREY.

Os resultados para os ensaios com tinta Grey não se encontram dentro do esperado, uma vez que o desvio da cor aumenta com a gramagem aplicada. Contudo, ΔE encontra-se sempre abaixo dos 0,5, considerando-se aceitável. Relativamente ao brilho, na Figura 47, verifica-se que os resultados para cada gramagem são completamente distintos não existindo nenhuma tendência, sendo que para dois ensaios de gramagens opostas (138 g/m² e 178 g/m²) obteve-se valores de brilho que excedem o limite recomendado (30 GU a 40 GU). A justificação para estes resultados poderá estar associada à reologia da tinta. Apesar do intervalo entre medições ter sido curto também se verificou alterações de cor e brilho.

No Anexo 5 encontram-se as tabelas com os dados de cada parâmetro da cor e brilho para os dois tipos de tinta estudados.

4.3 Otimização da pressão de alimentação do cobalto

Os resultados das alterações da pressão de alimentação do cobalto, em cada linha de pintura spray e para cada tipo de receita (para receitas KF o valor recomendado de cobalto é de 0,48 kg e receitas BK é de 0,26 kg) encontram-se nas figuras que se seguem.

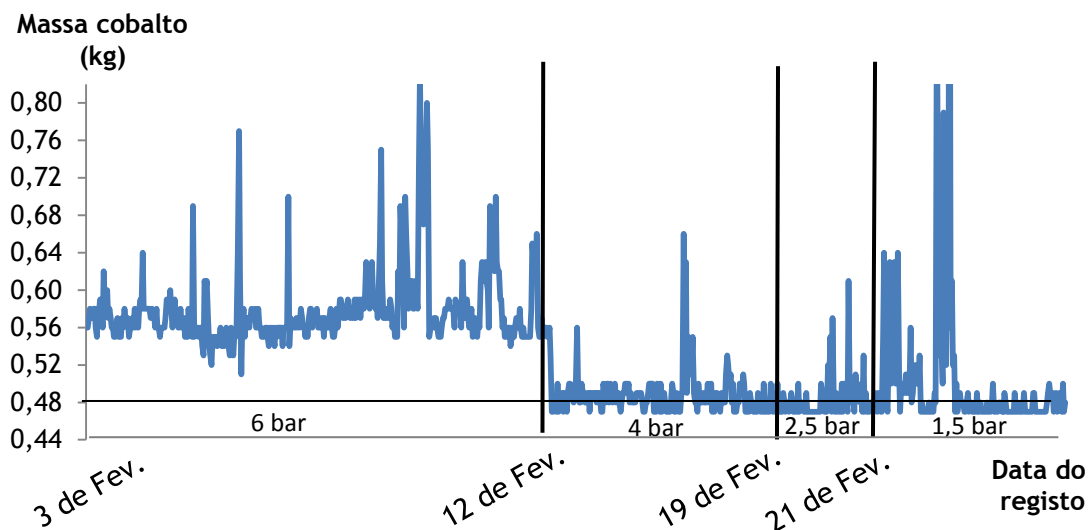


Figura 48 - Evolução do cobalto na misturadora da linha 14 para receitas KF para as diferentes pressões.

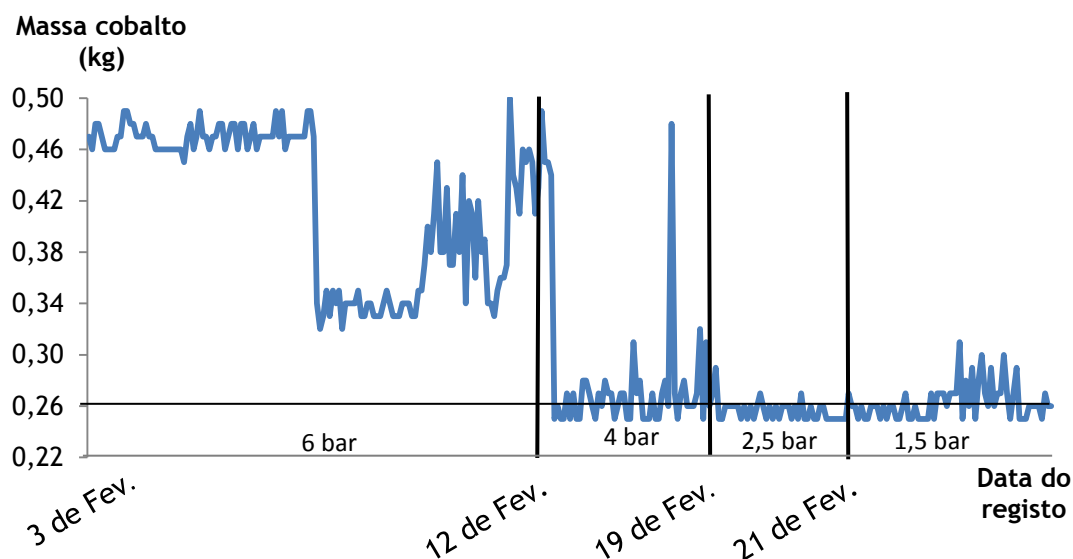


Figura 49 - Evolução do cobalto na misturadora da linha 14 para receitas BK para as diferentes pressões.

Os resultados da massa de cobalto na misturadora da linha 14, quer para receitas de KF quer para receitas de BK, melhoraram do ponto de vista da variabilidade do sistema com a diminuição da pressão até aos 2,5 bar - Figuras 48 e 49. Uma vez que a 1,5 bar o sistema de

bombeamento de cobalto volta a elevar a massa deste componente a níveis não recomendados verifica-se que a pressão óptima de operação, no caso da linha 14, será os 2,5 bar.

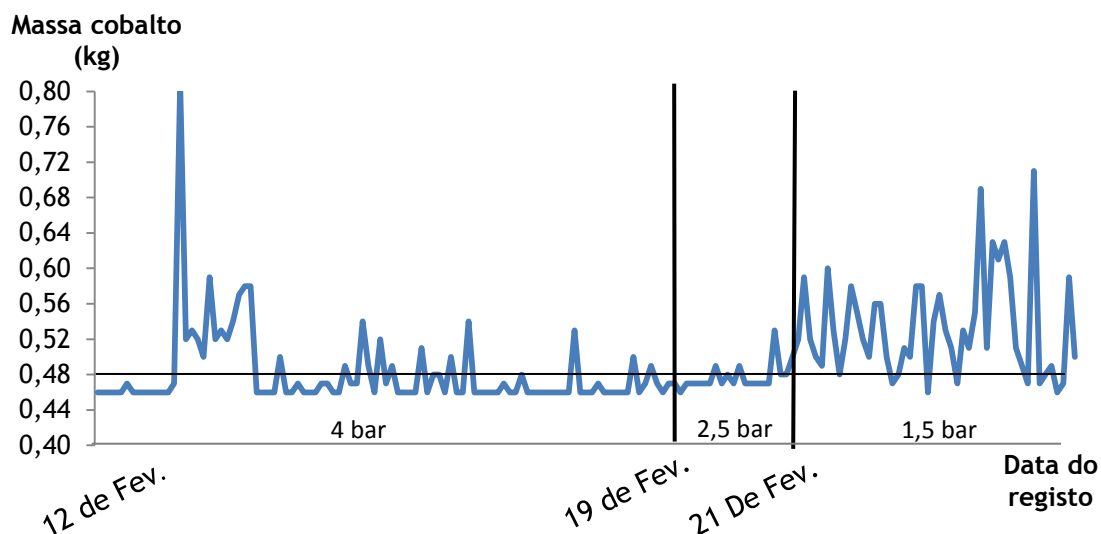


Figura 50 - Evolução do cobalto na misturadora da linha 15 para receitas KF para as diferentes pressões.

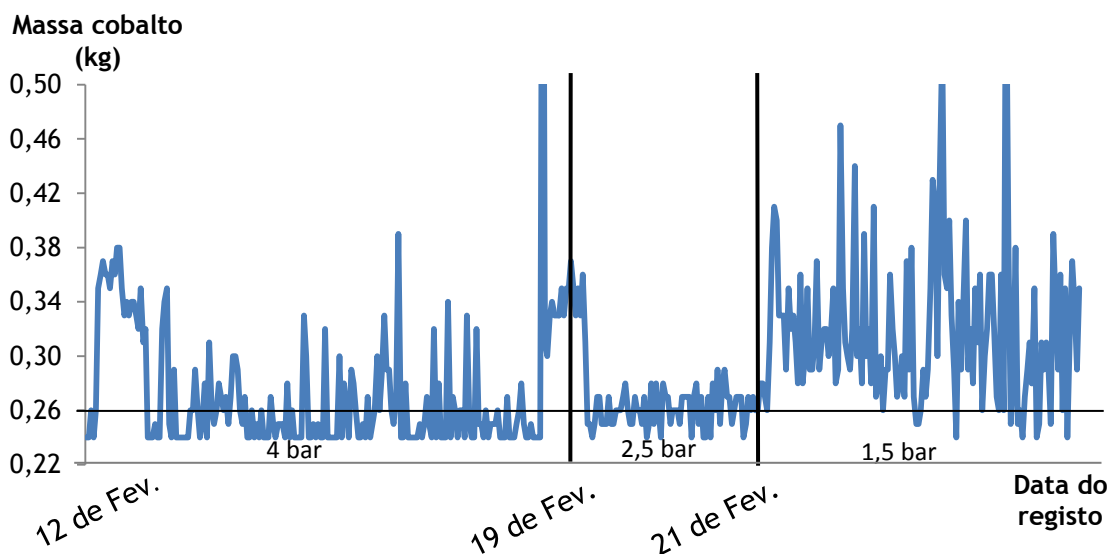


Figura 51 - Evolução do cobalto na misturadora da linha 15 para receitas BK para as diferentes pressões.

Apesar da perda dos dados para a pressão de 6 bar, na linha 15 verificou-se um comportamento semelhante ao da linha 14 obtendo-se melhores resultados para a pressão de 2,5 bar, quer de variabilidade quer de valor médio.

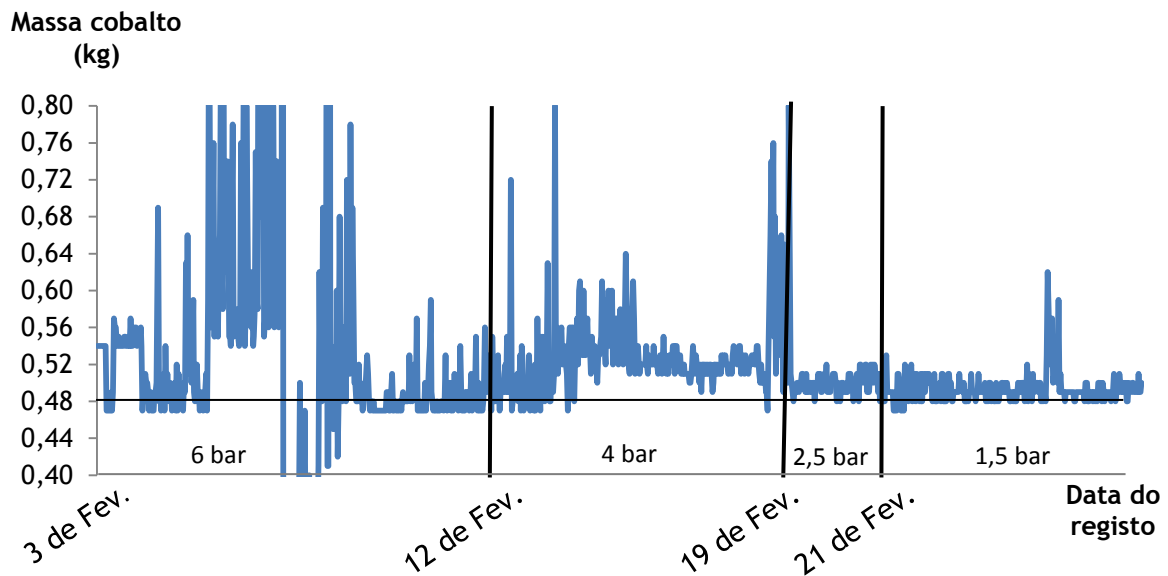


Figura 52 - Evolução do cobalto na misturadora da linha 16 para receitas KF para as diferentes pressões.

Na linha 16, que apenas opera receitas de KF, os resultados são semelhantes aos das restantes linhas de pintura spray, com melhoria de variabilidade do sistema e do valor médio de cobalto para a pressão de 2,5 bar.

A Tabela 10 apresenta o valor médio de cobalto antes de qualquer ação e os resultados das ações de diminuição da pressão da bomba de cobalto (4 bar, 2,5 bar e 1,5 bar).

Tabela 10 - Resultados obtidos em cada linha de pintura spray da massa média de cobalto após as alterações de pressão na bomba de alimentação.

Pressão (bar)	Linha 14		Linha 15		Linha 16
	Receitas KF	Receitas BK	Receitas KF	Receitas BK	Receitas KF
6	$0,58 \pm 0,04$	$0,42 \pm 0,06$	(1)	(1)	$0,53 \pm 0,16$
4	$0,49 \pm 0,02$	$0,27 \pm 0,04$	$0,48 \pm 0,05$	$0,28 \pm 0,05$	$0,53 \pm 0,05$
2,5	$0,48 \pm 0,03$	$0,26 \pm 0,01$	$0,47 \pm 0,01$	$0,26 \pm 0,01$	$0,50 \pm 0,01$
1,5	$0,50 \pm 0,08$	$0,26 \pm 0,01$	$0,53 \pm 0,06$	$0,32 \pm 0,06$	$0,49 \pm 0,02$

(1) Ocorreu uma avaria no sistema de armazenamento de informação causando a perda de dados.

Assim, a pressão ótima de operação para as três linhas de pintura spray será de 2,5 bar, tendo-se verificado que para esta pressão o sistema de bombeamento de cobalto se apresenta mais estável e cujo valor médio se encontra mais próximo do recomendado.

5 Conclusões

De seguida expõem-se as conclusões sugeridas pelos resultados discutidos no capítulo anterior, para cada objetivo proposto/realizado, bem como sugestões e dificuldades encontradas.

5.1 Estudo da ocorrência de defeitos

O defeito que se mostrou mais crítico nas linhas de pintura *spray*, em 2013 e no início de 2014, foi o designado por “impurezas”, pelo que este estudo se focou nas possíveis variáveis envolvidas no aparecimento desta imperfeição.

Da análise de ocorrências mensais de impurezas, de 2013 e 2014, concluiu-se que nos meses de verão ocorre um decréscimo deste defeito. A inexistência de um crescimento deste defeito ao longo do tempo suporta que este não se encontra relacionado com o desgaste dos equipamentos. Para os três primeiros meses de 2013 e de 2014 verificam-se ocorrências do defeito de impurezas diferentes (maiores percentagem para período de 2014) corroborando que o mês/período do ano não é um fator exclusivamente influenciador desta imperfeição. Em 2013, a linha 15 demonstrou ter a maior percentagem média de peças com impurezas, sendo que 2,79% da produção desse ano resultou em peças com este defeito. Na linha 15, apesar de não se registar a temperatura ambiente da linha, a sensação térmica sugere que a temperatura do meio envolvente é inferior à das restantes linhas sprays dada a localização próxima do armazém (cujas temperatura é inferior à dos setores das linhas sprays) o que poderá estar associado à maior ocorrência deste defeito nesta linha.

Em 2013, os produtos com maior percentagem de defeito de impurezas foram o *APPLÅD*, *Birkeland door* e *Perfekt*, com 3,13%, 2,82% e 2,56%, respetivamente, o que é justificável pelas dimensões superiores (comparativamente com os restantes produtos) que aumentam a probabilidade de alcance de poeiras entre outros considerados como impurezas.

Concluiu-se que a tinta com maior percentagem de ocorrência de impurezas sobre a produção total da respetiva tinta, em 2013, é a tinta W5 com 2,76%, seguida da tinta W2.5 com 2,15%. Apesar de se esperar que a tinta mais clara, W2, fosse a mais crítica nesta problemática, dada a melhor visualização de impurezas nas peças, as peças com tinta W5 apresentaram maior incidência da imperfeição em estudo sendo que a produção desta tinta também é superior que às restantes, aumentando a probabilidade de aparecimento de impurezas nas peças. Assim não é possível retirar ilações quanto à influência da reologia da tinta no aparecimento do defeito em estudo.

Relativamente aos fatores exteriores à produção - temperatura e humidade relativa exterior à fábrica - concluiu-se que a temperatura não interfere com a problemática do defeito impurezas e que a humidade relativa poderá ter um efeito no aparecimento deste contudo, não será um fator dominante e isolado.

Da análise comparativa de 2013 e 2014 dos parâmetros internos do processo mais adequados (viscosidade da tinta, temperatura da box e humidade da box) concluiu-se que o processo se encontra mais estável para o período de 2014 contudo, neste período ocorreu a ocorrência do defeito impurezas foi superior. Assim, inferiu-se que os fatores internos de produção analisados não se encontram relacionados com o defeito em causa.

Por fim, na análise de ocorrências de impurezas médias por dia da semana, de modo a relacioná-las com as limpezas gerais ao sábado, verificou-se que não existe uma tendência crescente do defeito na produção ao longo da semana pelo que se concluiu que as limpezas gerais não são preponderantes para o aparecimento de impurezas nas peças.

No estudo efetuado para apuramento de causas para a ocorrência de impurezas existiram alguns obstáculos que impediram a correlação de outros parâmetros envolvidos no processo. Assim, identificou-se a necessidade de monitorização de parâmetros como a temperatura e humidade ambiente nas imediações das boxes de pintura e a ventilação da box, fatores com relevância no processo produtivo para posterior correlação com o aparecimento do defeito impurezas. A incoerência dos registos da base de dados da Qualidade (cujas datas de registo não correspondem à data real de produção) também dificultaram a correlação entre as imperfeições nas peças e as possíveis causas pois impediu o rastreamento direto de cada *batch* de produção para posterior correlação com parâmetros da tinta (como o tempo de *pot life* - admite-se que ao fim de 30 min de permanência da tinta na misturadora, esta perde características não devendo ser usada a partir desse tempo).

5.2 Estudo da relação entre a gramagem aplicada e a cor/brilho

Dos ensaios realizados com a tinta W2.5 concluiu-se que o aumento da gramagem aplicada resulta num menor desvio da cor que tende para os 0,20, correspondendo ao esperado, pois a tinta top é responsável por dar a cor à peça. A partir dos 130 g/m², o desvio da cor encontra-se sempre abaixo dos 0,40 pelo que a partir desta gramagem se poderá produzir pois não ocorrerá problemas de cor. Com o tempo, o desvio da cor tende a diminuir e após 16 dias da data de produção os dados sugerem estabilização do parâmetro em estudo. A coordenada de cor que apresentou maior variação entre gramagens de tinta aplicada e medições efetuadas foi Δb concluindo-se que a tinta terá uma cor azulada.

Relativamente ao brilho, para a tinta W2.5 conclui-se que o aumento da gramagem aplicada resulta num aumento do brilho e que a partir dos 120 g/m² o brilho encontra-se no intervalo recomendado de 40 a 45 GU. A evolução temporal do brilho não se comporta como o desvio da cor pois passados 14 dias da produção o brilho estabiliza ligeiramente abaixo da 2^a medição.

Para os ensaios com tinta Grey concluiu-se que a reologia desta terá efeitos sobre a relação entre a gramagem e a cor/brilho uma vez que os resultados não se assemelham aos resultados obtidos para a tinta W2.5, ou seja, o aumento da gramagem não resulta sempre numa diminuição do desvio da cor nem no aumento do brilho. Contudo, para qualquer gramagem, ΔE manteve-se abaixo dos 0,5, considerando-se admissível em termos produtivos. No entanto, dada a escassez de tempo não é possível retirar completas ilações dos ensaios com tinta Grey.

5.3 Otimização da pressão de alimentação do cobalto

As medidas que foram realizadas para otimizar a pressão de alimentação do cobalto nas misturadoras resultaram em respostas semelhantes nas três linhas de pintura spray com relevantes melhorias ao nível de variabilidade do sistema. Assim, concluiu-se que a pressão de operação ótima é de 2,5 bar e que se encontra implementada atualmente.

6 Avaliação do trabalho realizado

6.1 Objetivos realizados

De um modo geral os objetivos foram todos realizados contudo, relativamente ao defeito das impurezas, não se encontrou a causa raiz para o aparecimento deste defeito tendo-se concluído quando às variáveis que não têm efeito para esta imperfeição. Foi identificada a necessidade de registo de outros parâmetros internos do processo de pintura para posterior correlação com a ocorrência de defeitos, como as impurezas, tendo-se avançado com uma projeto de monitorização de parâmetros internos da pintura, associados à box de pintura spray e fatores do meio envolvente do processo. Relativamente ao estudo das gramagens em relação à cor e brilho não foi possível realizar um estudo mais aprofundado devido às limitações de tempo.

6.2 Outros Trabalhos Realizados

Paralelamente ao trabalho efetuado no âmbito deste projeto realizou-se standardização de postos de trabalho através da realização de documentos com instruções de trabalho relacionados com o arranque e fecho das linhas, instruções de execução, *set up* e resolução de problemas. Este trabalho foi realizado em linhas de pintura spray.

6.3 Limitações e Trabalho Futuro

Relativamente ao estudo do defeito impurezas, a principal limitação deveu-se à própria classificação desta imperfeição. Uma vez que é atribuído a este defeito a queda de diversas partículas, quer sejam poeiras, tinta seca ou até pêlos, torna-se difícil atribuir as corretas causas pois não existe uma discriminação exata do que realmente se depositou na peça aquando a sua pintura.

A análise comparativa dos fatores envolvidos no aparecimento do defeito de impurezas levou à identificação de parâmetros que poderão ter relevância na ocorrência de defeitos de pintura mas que não são atualmente registados/controlados, como a ventilação da box e temperatura e humidade ambiente, considerados uma condição limitativa do projeto. Nisto resultou a criação de um projeto de monitorização dos mesmos que permitirá um apuramento mais completo e exato de fatores relacionados com defeitos de pintura. Este projeto encontra-se em fase de implementação e além da monitorização dos parâmetros referidos

inclui a introdução de plasmas ao longo das linhas com informações atualizadas e relevantes para a produção, como a eficiência da linha, temperaturas da linha spray entre outros, o que permitirá um maior acompanhamento dos parâmetros monitorizados e consequentemente uma resposta mais rápida em situações de não conformidade.

Relativamente ao estudo da relação entre gramagem aplicada e cor/brilho, seria necessário mais tempo para realizar mais medições de cor/brilho das peças de modo a se chegar a uma expressão matemática para cada gramagem aplicada, função do tempo e do desvio da cor, que permitisse aferir diretamente entre o valor inicial e final de ΔE . Através de mais medições de ΔE , ao longo do tempo, chegar-se-ia a uma fase em que este não iria variar mais obtendo-se a variação máxima deste fator. Assim, aplicar-se-iam os dados a uma exponencial decrescente com uma assíntota horizontal a tender para o valor correspondente ao desvio máximo entre ΔE inicial e final. Também seria vantajoso realizar testes semelhantes para outras gramagens aplicadas de forma a garantir que se teria uma expressão matemática para cada caso. Esta expressão matemática, para cada gramagem aplicada, permitiria que quando se obtivesse um desvio muito elevado da cor das peças na saída da linha de produção se soubesse à priori qual seria o seu valor ao final de algum tempo e se satisfaria as exigências do mercado. Isto poderá impedir que peças sejam retrabalhadas desnecessariamente permitindo a redução de custos.

6.4 Apreciação final

O trabalho realizado permitiu o primeiro contacto com o ambiente industrial, tendo-se adquirido competências técnicas ao nível do processo de pintura spray e todas as suas variáveis. O estudo realizado forneceu um maior conhecimento sobre os fatores condicionantes do processo de pintura spray que poderão resultar na redução de custos. A nível pessoal foi extremamente enriquecedor devido à cultura da empresa e dos princípios que se regem.

7 Referências

- [1] http://www.ikea.com/ms/pt_PT/about-the-ikea-group/company-information/, acessado a 4 de abril de 2014
- [2] <http://www.swedwood.com/>, acessado a 4 de abril de 2014
- [3] <http://www.sonaeindustria.com/page.php?ctx=2,0,63>, acessado a 30 de março de 2014
- [4] <http://tafibra.com/index.php?id=69&id2=118&gama=8&tipo=ST&marca=Sonaepan>, acessado a 21 de abril de 2012
- [5] <http://www.aptintas.pt/>, acessado a 18 de abril de 2014
- [6] Rodgers J, Thibobeaux D, Cui X, Martin V, Watson M, Knowlton J (2008). Instrumental and Operational Impacts on Spectrophotometer Color Measurements. *The Journal of Cotton Science*; 12:287-297.
- [7] <http://www.pce-medidores.com.pt/fichas-dados/medidor-de-brilho-ig-331.html>, acessado a 10 de junho de 2014

Anexo 1 Layout da *Pigment Furniture Factory*

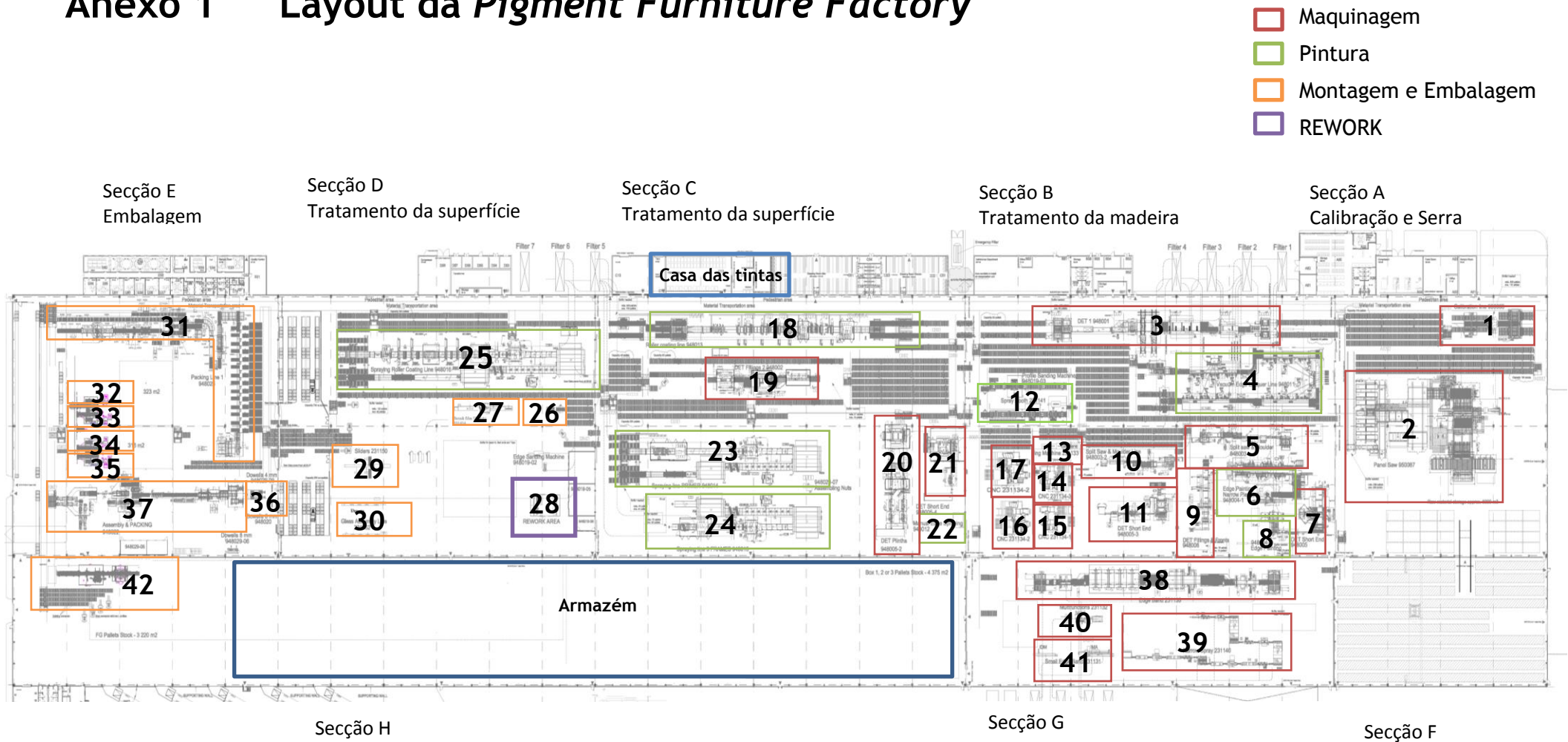


Figura A1.1 - Layout da PFF.

De seguida apresenta-se a legenda da Figura A1.1, respetiva ao layout da PFF, com referência às linhas, função e área da fábrica.

1. 950088 - Calibração - *Maquinagem*
2. 950087 - Corte - *Maquinagem*
3. 948001 - Furação - *Maquinagem*
4. 948011 - Pintura a vácuo de laterais - *Pintura (desativada)*
5. 948003.1 - Corte transversal e moldador - *Maquinagem*
6. 948004.1 - Pintura a vácuo - *Pintura*
7. 948005.1 - Furação - *Maquinagem*
8. 948004.3 - Pintura a vácuo - *Pintura*
9. 948006 - Furação e Fresagem de laterais - *Maquinagem*
10. 948003.2 - Corte transversal e moldador - *Maquinagem*
11. 948005.3 - Furação e corte - *Maquinagem*
12. 231141 - Pintura spray manual de laterais - *Pintura*
13. 231133 - Corte - *Maquinagem*
14. 231134.3 - Perfilagem - *Maquinagem*
15. 231134.1 - Perfilagem - *Maquinagem*
16. 231134.2 - Perfilagem - *Maquinagem*
17. 231134.4 - Perfilagem - *Maquinagem*
18. 948013 - Pintura Rolos UV - *Pintura*
19. 948002 - Fresagem das laterais - *Maquinagem*
20. 948005.2 - Fresagem, furação e corte - *Maquinagem*
21. 948005.4 - Furação e corte - *Maquinagem*
22. 948012 - Pintura spray - *Pintura (desativada)*
23. 948014 - Pintura spray de entrada automática - *Pintura*
24. 948015 - Pintura spray de entrada manual - *Pintura*
25. 948016 - Pintura combinada de rolos UV e spray - *Pintura*
26. 948027.4 - Embalagem de painéis - *Montagem e Embalagem*
27. 9480054 - Embalagem de Produtos Utrusta - *Montagem e Embalagem*
28. Rework
29. 231150 - Montagem de acessórios - *Montagem e Embalagem*
30. 231152 - Montagem portas de vidro - *Montagem e Embalagem*
31. 948025 - Embalagem dos produtos - *Montagem e Embalagem*
32. 948027.3 - Montagem gavetas - *Montagem e Embalagem*
33. 231151 - Montagem de gavetas - *Montagem e Embalagem*
34. 948027.2 - Montagem gavetas - *Montagem e Embalagem*
35. 948027.1 - Montagem gavetas - *Montagem e Embalagem*
36. 948029.9 - Montagem manual de acessórios - *Montagem e Embalagem*
37. 948022 - Montagem de Portas - *Montagem e Embalagem*
38. 231130 - Furação, corte e orlagem - *Maquinagem*
39. 231140 - Pintura spray estreita (usada para pernas Hemnes) - *Pintura*
40. 231132 - Fresagem - *Maquinagem*
41. 231131 - Fresagem e orlagem - *Maquinagem*
42. 231153 - Robot de empilhamento - *Montagem e Embalagem*

Anexo 2 Produtos da Pigment Furniture Factory

Nota: *Metod* é a linha de produtos europeus e *Sektion* é a linha de produtos norte americanos cujos designs são semelhantes diferindo apenas nas dimensões.

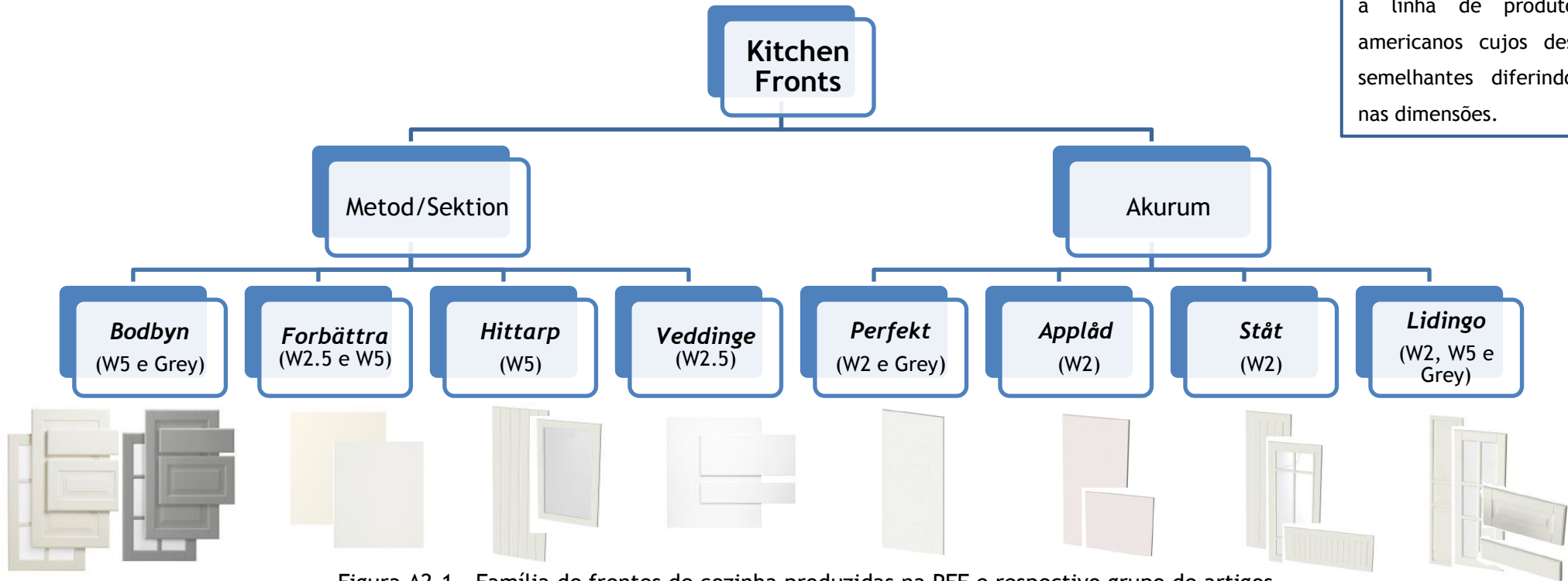


Figura A2.1 - Família de frentes de cozinha produzidas na PFF e respectivo grupo de artigos.



Figura A2.2 - Cozinha Bodbyn.



Figura A2.3 - Cozinha Veddinge.

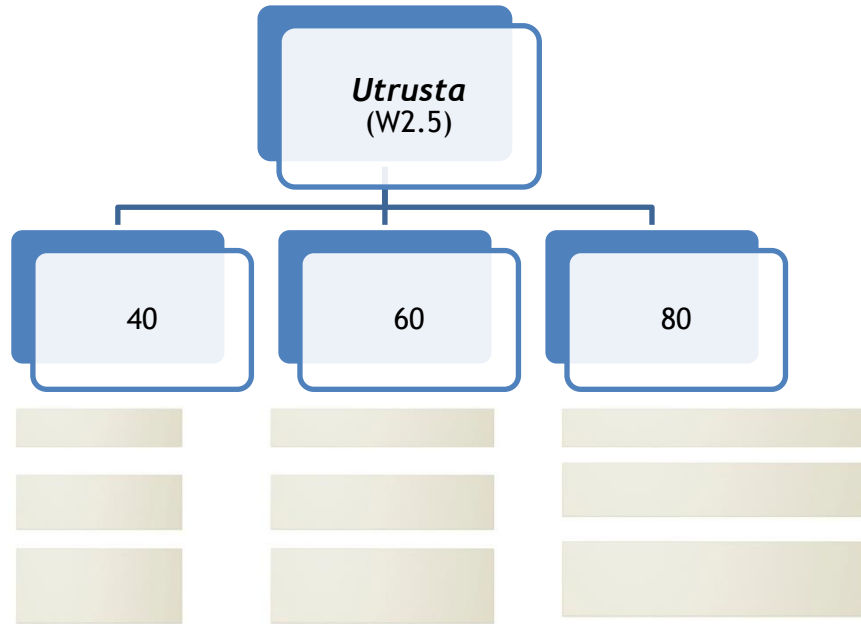


Figura A2.4 - Gavetas interiores de cozinha Utrusta.

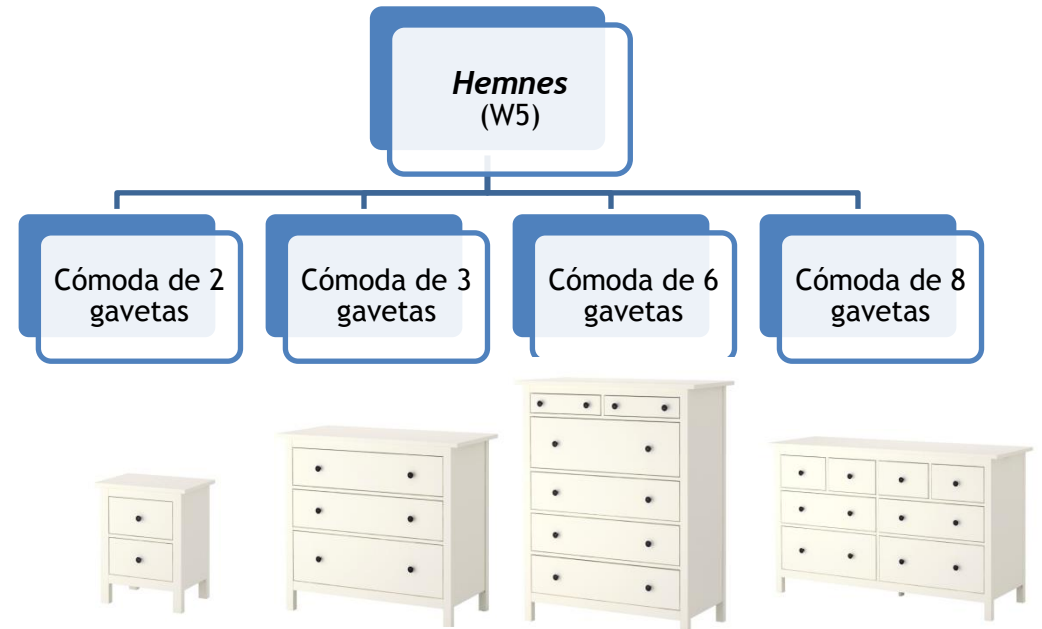


Figura A2.5 Família Hemnes.

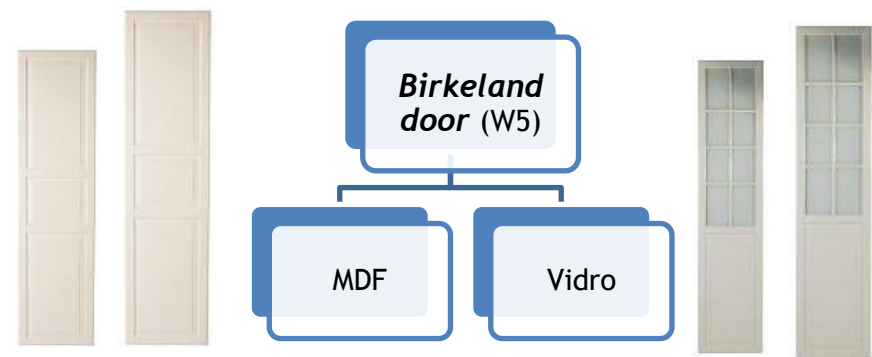


Figura A2.6 Família Birkeland.

Anexo 3 Parâmetros de Pintura Spray

Os fluxos/passagens que as peças sofrem em casa linha spray pode ser classificado segundo a Tabela A3.1 e consoante a família, o processo geral que cada tipo de peça passa - Tabela A3.2.

Tabela A3.1 - Classificação dos processos de pintura.

Processo	
A ¹	1º UV Sealer Lado B
B ¹	2º UV Sealer Lado B
C ¹	UV Base Lado B
D ¹	UV Primer Lado B
E ¹	1º Sealer Lado A
F ¹	2º Sealer Lado A
G ¹	Base UV Lado A
H ¹	Primer Lado A
J	Base Lado B
K	TOP B
L	1º Base Lado A
M	2º Base Lado A
N	TOP A
P	Rework

¹ Exclusivos da Linha 16.

Tabela A3.2 - Fluxos de cada grupo, cor e tipo de peça.

Grupos e Cor	Tipo	Fluxo Linha 16	Fluxos Linhas 14 e 15
<i>Applåd/Veddinge W2.5</i>	Dishwasher	K-E-F-G-H-N	M-K-N
<i>Applåd/Veddinge W2.5</i>	Hinge	J-K-E-F-G-H-N	J-M-K-N
<i>Applåd/Veddinge W2.5</i>	Normal	E-F-G-H-N	M-N
<i>Applåd/Utrusta/Veddinge W2.5</i>	Small drawer	A-B-C-D-K-E-F-G-H-N	M-K-N
<i>APPLÅD W2</i>	Hinge	J-K-E-F-G-H-N	J-M-K-N
<i>APPLÅD W2</i>	Normal	E-F-G-H-N	M-N
<i>Lindigo/Bodbyn Grey</i>	Big Drawer	L-M-N	M-N
<i>Lindigo/Bodbyn Grey</i>	Normal	L-M-N	L-M-N
<i>Lindigo/Bodbyn Grey</i>	Small drawer	M-A-B-K-N	M-N
<i>Lindigo/Bodbyn Grey</i>	Vitrina/Hng	J-L-M-K-N	M-N
<i>Lindigo/Bodbyn W5</i>	Dishwasher	L-M-A-B-K-N	L-M-N
<i>Lindigo/Bodbyn W5</i>	Normal	L-M-N	M-K-N
<i>Lindigo/Bodbyn W5</i>	Small drawer	M-A-B-C-D-K-N	J-L-M-K-N
<i>Lindigo/Bodbyn W5</i>	Vitrina/Hng	J-L-M-K-N	L-M-K-N
<i>Lidingo W2</i>	Big Drawer	M-N	
<i>Lidingo W2</i>	Normal	L-M-N	L-M-N
<i>Lidingo W2</i>	Small drawer	M-A-B-C-D-K-N	M-K-N
<i>Lidingo W2</i>	Vitrina/Hng	J-L-M-K-N	J-L-M-K-N
<i>Pax Bk</i>	Filling		M-N
<i>Pax Bk</i>	Rail/Stile		M-K-N
<i>STÅT/Hittarp W5</i>	Dishwasher	L-M-A-B-K-N	L-M-K-N
<i>STÅT/Hittarp W5</i>	Normal	L-M-N	L-M-N
<i>STÅT/Hittarp W5</i>	Small drawer	A-B-C-D-K-E-F-G-H-N	M-K-N
<i>STÅT/Hittarp W5</i>	Vitrina/Hng	J-L-M-K-N	J-L-M-K-N
<i>STÅT W2</i>	Normal	L-M-N	L-M-N
<i>STÅT W2</i>	Small drawer	A-B-C-D-K-E-F-G-H-N	M-K-N
<i>STÅT W2</i>	Vitrina/Hng	J-L-M-K-N	L-M-K-N

A tabela seguinte apresenta o intervalo de valores recomendados para os parâmetros fixos da pintura spray (parâmetros que não variam com a peça/superfície ou cor).

Tabela A3.3 - Parâmetros fixos usados na pintura spray.

Parâmetros Fixos	
Temperatura das peças à entrada da box	$36 \pm 6 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Temperatura de secagem Z1 - Forno	$65 \pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Temperatura de secagem Z2 - Forno	$65 \pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Temperatura de secagem Z3 - Forno	$65 \pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Temperatura de secagem <i>Flash off</i> - Forno	$40 \pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Temperatura da box	$25 \pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Humidade da box	$60 \pm 10 \text{ \% água}$
Bico das pistolas	812/814
Ângulo lateral do bico das pistolas	90°
Pressão da bomba	3,0 - 5,5 bar
Velocidade do carrossel	8 - 12 rpm

Nas tabelas que se seguem encontram-se os valores dos parâmetros variáveis da pintura spray com referência às peças aplicáveis (não serão referidos os parâmetros relacionados com a pintura UV prévia à pintura spray da linha 16) bem como às linhas spray individualmente.

Tabela A3.4 - Parâmetros variáveis da pintura por peça - Brilho, velocidade da linha, altura e ângulo das pistolas - nas três linhas spray.

Processo geral	Brilho (GU)	Vel. Linha (m/min)	Altura das pistolas (cm)	Ângulo das pistolas (°)
APPLÅD/VEDDINGE W2.5 Dishwasher APPLÅD/VEDDINGE W2.5 Hinge APPLÅD/VEDDINGE W2.5 Normal APPLÅD/UTRUSTA/VEDDINGE W2.5 Small Drawer	40 ± 5	13,5 ± 1	10 ± 1	50 ± 5
APPLÅD NA W2 Hinge APPLÅD NA W2 Normal	55 ± 5	13,5 ± 1	10 ± 1	50 ± 5
LIDI / BODBYN GREY Big Drawer* LIDI / BODBYN GREY Normal* LIDI / BODBYN GREY Small Drawer* LIDI / BODBYN GREY Vitrina/Hng*	35 ± 5	13,5 ± 1	10 ± 1	50 ± 5
LIDI / BODBYN W5 Dishwasher* LIDI / BODBYN W5 Normal* LIDI / BODBYN W5 Small Drawer* LIDI / BODBYN W5 Vitrina/Hng*	55 ± 5	13,5 ± 1	10 ± 1	50 ± 5
LIDI W2 Big Drawer* LIDI W2 Normal* LIDI W2 Small Drawer* LIDI W2 Vitrina/Hng*	55 ± 5	13,5 ± 1	10 ± 1	50 ± 5
PAX BK Filling W5 PAX BK Rail W5 PAX BK Style W5	55 ± 5	13,5 ± 1 9 ± 1 9 ± 1	12 ± 1	80 ± 5 50 ± 5 50 ± 5
STÅT / HITTÅRP / KROKTORP Dishwasher W5 STÅT / HITTÅRP / KROKTORP Normal W5 STÅT / HITTÅRP / KROKTORP Small Drawer W5 STÅT / HITTÅRP / KROKTORP Vitrina/Hng W5	55 ± 5	13,5 ± 1	10 ± 1	50 ± 5
STÅT W2 Normal STÅT W2 Small Drawer STÅT W2 Vitrina/Hng	55 ± 5	13,5 ± 1	10 ± 1	50 ± 5

*LIDI corresponde ao produto *Lidingo*

Tabela A3.5 - Parâmetros variáveis da pintura na linha 16 - gramagens e viscosidades de base lado A e B (Base A e Base B, respectivamente), top de lado A e B (TOP A e TOP B, respectivamente) e top de rework (TOP RW).

Processo linha 16	Base A		TOP A		Base B		TOP B		TOP RW	
	Gram. (g/m ²)	Viscos. (s)	Gram. (g/m ²)	Viscos. (s)	Gram. (g/m ²)	Viscos. (s)	Gram. (g/m ²)	Viscos. (s)	Gram. (g/m ²)	Viscos. (s)
APPLÅD/VEDDINGE W2.5 Dishwasher	-	-	150-170	18-22	-	-	160 - 180	18-22	130-150	18-22
APPLÅD/VEDDINGE W2.5 Hinge	-	-	150-170	18-22	140-160	16-20	150 - 170	18-22	130-150	18-22
APPLÅD/VEDDINGE W2.5 Normal	-	-	150-170	18-22	-	-	-	-	130-150	18-22
APPLÅD/UTRUSTA/VEDDINGE W2.5 Small Drawer	-	-	150-170	18-22	-	-	150 - 170	18-22	130-150	18-22
APPLÅD NA W2 Hinge	-	-	150-170	18-22	140-160	16-20	150- 170	18-22	130-150	18-22
APPLÅD NA W2 Normal	-	-	150-170	18-22	-	-	-	-	130-150	18-22
LIDI / BODBYN GREY Big Drawer*	160 - 180	20-22	140-160	22-26	-	-	-	-	130-150	22-26
LIDI / BODBYN GREY Normal*	160 - 180	20-22	140-160	22-26	-	-	-	-	130-150	22-26
LIDI / BODBYN GREY Small Drawer*	160 - 180	20-22	140-160	22-26	-	-	110 - 120	24-28	130-150	22-26
LIDI / BODBYN GREY Vitrina/Hng*	160 - 180	20-22	140-160	22-26	140 - 160	16-20	140 - 160	22-26	130-150	22-26
LIDI / BODBYN W5 Dishwasher*	160 - 180	20-22	150-170	18-22	-	-	160 - 180	18-22	130-150	18-22
LIDI / BODBYN W5 Normal*	160 - 180	20-22	150-170	18-22	-	-	-	-	130-150	18-22
LIDI / BODBYN W5 Small Drawer*	150 - 170	18-22	140-160	18-22	-	-	140 - 160	18-22	130-150	18-22
LIDI / BODBYN W5 Vitrina/Hng*	160 - 180	20-22	150-170	18-22	140-160	16-20	150 - 170	18-22	130-150	18-22
LIDI W2 Big Drawer*	140 - 160	18-22	150-170	18-22	-	-	-	-	130-150	18-22
LIDI W2 Normal*	160 - 180	20-22	150-170	18-22	-	-	-	-	130-150	18-22
LIDI W2 Small Drawer*	140 - 160	18-22	150-170	18-22	-	-	150 - 170	18-22	130-150	18-22
LIDI W2 Vitrina/Hng*	160 - 180	20-22	150-170	18-22	140-160	16-20	150 - 170	18-22	130-150	18-22
PAX BK Filling W5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PAX BK Rail W5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PAX BK Style W5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
STÅT / HITTÅRP / KROKTORP Dishwasher W5	160 - 180	20-22	150-170	18-22	-	-	160 - 180	18-22	130-150	18-22
STÅT / HITTÅRP / KROKTORP Normal W5	160 - 180	20-22	150-170	18-22	-	-	-	-	130-150	18-22
STÅT / HITTÅRP / KROKTORP Small Drawer W5	-	-	140-160	18-22	-	-	140 - 160	18-22	130-150	18-22
STÅT / HITTÅRP / KROKTORP Vitrina/Hng W5	160 - 180	20-22	150-170	18-22	140-160	16-20	150 - 170	18-22	130-150	18-22
STÅT W2 Normal	160 - 180	20-22	150-170	18-22	-	-	-	-	130-150	18-22
STÅT W2 Small Drawer	-	-	150-170	18-22	-	-	150 - 170	18-22	130-150	18-22
STÅT W2 Vitrina/Hng	160 - 180	20-22	150-170	18-22	-	-	160 - 180	18-22	130-150	18-22

*LIDI corresponde ao produto *Lidingo*

Tabela A3.6 - Parâmetros variáveis da pintura nas linhas 14 e 15 - gramagens e viscosidades de base e top de lado A e B e top de rework.

Processo linha 14/15	Base A		TOP A		Base B		TOP B		TOP RW	
	Gram. (g/m ²)	Viscos. (s)	Gram. (g/m ²)	Viscos. (s)	Gram. (g/m ²)	Viscos. (s)	Gram. (g/m ²)	Viscos. (s)	Gram. (g/m ²)	Viscos. (s)
APPLÅD/VEDDINGE W2.5 Dishwasher	-	-	150-170	18-22	-	-	160 - 180	18-22	130-150	18-22
APPLÅD/VEDDINGE W2.5 Hinge	-	-	150-170	18-22	140-160	16-20	150 - 170	18-22	130-150	18-22
APPLÅD/VEDDINGE W2.5 Normal	-	-	150-170	18-22	-	-	-	-	130-150	18-22
APPLÅD/UTRUSTA/VEDDINGE W2.5 Small Drawer	-	-	150-170	18-22	-	-	150 - 170	18-22	130-150	18-22
APPLÅD NA W2 Hinge	-	-	150-170	18-22	140-160	16-20	150 - 170	18-22	130-150	18-22
APPLÅD NA W2 Normal	-	-	150-170	18-22	-	-	-	-	130-150	18-22
LIDI / BODBYN GREY Big Drawer*	160 - 180	20-22	140-160	22-26	-	-	-	-	130-150	22-26
LIDI / BODBYN GREY Normal*	160 - 180	20-22	140-160	22-26	-	-	-	-	130-150	22-26
LIDI / BODBYN GREY Small Drawer*	160 - 180	20-22	140-160	22-26	-	-	160 - 160	22-26	130-150	22-26
LIDI / BODBYN GREY Vitrina/Hng*	160 - 180	20-22	140-160	22-26	140 - 160	16-20	140 - 160	22-26	130-150	22-26
LIDI / BODBYN W5 Dishwasher*	160 - 180	20-22	150-170	18-22	-	-	160 - 180	18-22	130-150	18-22
LIDI / BODBYN W5 Normal*	160 - 180	20-22	150-170	18-22	-	-	-	-	130-150	18-22
LIDI / BODBYN W5 Small Drawer*	150-170	18-22	140-160	18-22	-	-	160-180	18-22	130-150	18-22
LIDI / BODBYN W5 Vitrina/Hng*	160-180	20-22	150-170	18-22	140-160	16-20	150-170	18-22	130-150	18-22
LIDI W2 Big Drawer*	150 - 170	18-22	150-170	18-22	-	-	-	-	130-150	18-22
LIDI W2 Normal*	160 - 180	20-22	150-170	18-22	-	-	-	-	130-150	18-22
LIDI W2 Small Drawer*	150 - 170	18-22	150-170	18-22	-	-	160-180	18-22	130-150	18-22
LIDI W2 Vitrina/Hng*	160 - 180	20-22	150-170	18-22	140-160	16-20	150-170	18-22	130-150	18-22
PAX BK Filling W5	160 - 180	20-22	150-170	18-22	-	-	-	-	-	-
PAX BK Rail W5	160 - 180	20-22	150-170	18-22	-	-	190 - 200	18-22	-	-
PAX BK Style W5	160 - 180	20-22	150-170	18-22	-	-	190 - 200	18-22	-	-
STÅT / HITTÅRP / KROKTORP Dishwasher W5	160 - 180	20-22	150-170	18-22	-	-	160 - 180	18-22	130-150	18-22
STÅT / HITTÅRP / KROKTORP Normal W5	160 - 180	20-22	150-170	18-22	-	-	-	-	130-150	18-22
STÅT / HITTÅRP / KROKTORP Small Drawer W5	160 - 180	20-22	140-160	18-22	-	-	160 - 180	18-22	130-150	18-22
STÅT / HITTÅRP / KROKTORP Vitrina/Hng W5	160 - 180	20-22	150-170	18-22	140-160	16-20	150 - 170	18-22	130-150	18-22
STÅT W2 Normal	160 - 180	20-22	150-170	18-22	-	-	-	-	130-150	18-22
STÅT W2 Small Drawer	160 - 180	20-22	150-170	18-22	-	-	160 - 180	18-22	130-150	18-22
STÅT W2 Vitrina/Hng	160 - 180	20-22	150-170	18-22	-	-	160 - 180	18-22	130-150	18-22

*LIDI corresponde ao produto *Lidingo*

Anexo 4 Comparação de defeito “impurezas” entre as linhas de pintura *spray*

As próximas figuras representam a ocorrência de impurezas na produção semanal nas linhas de pintura spray, 14, 15 e 16, da semana 1 à semana 15 de 2013 e de 2014.

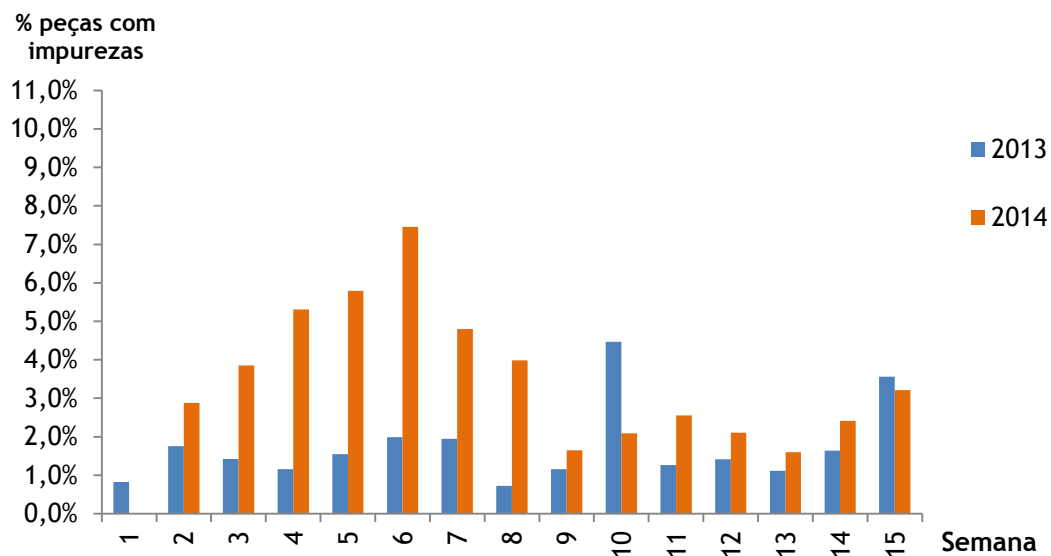


Figura A4.1 - Comparação de ocorrência de impurezas em 2013 e 2014, da semana 1 à 15, da linha 14.



Figura A4.2 - Comparação de ocorrência de impurezas em 2013 e 2014, da semana 1 à 15, da linha 15.

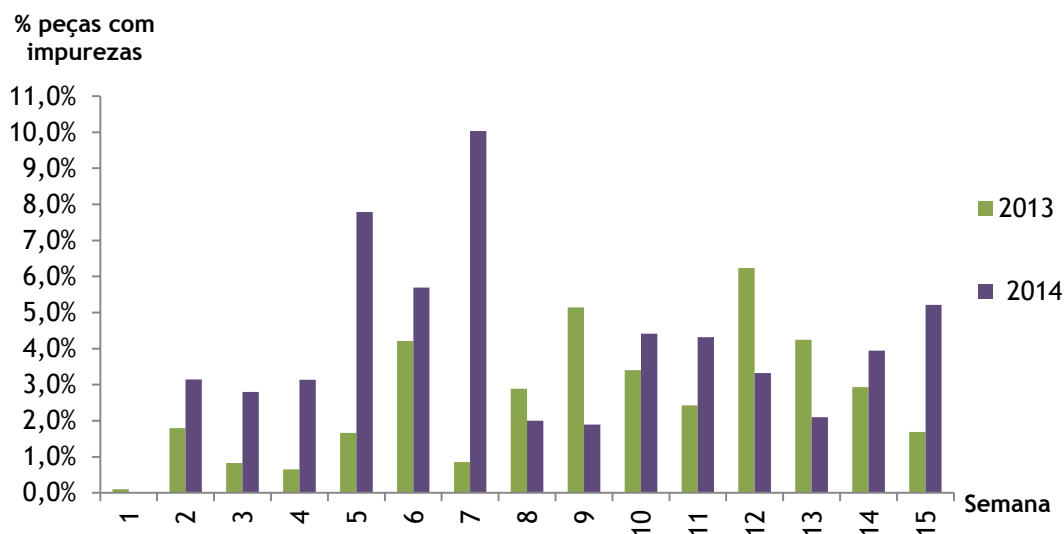


Figura A4.3 - Comparação de ocorrência de impurezas em 2013 e 2014, da semana 1 à 15, da linha 16.

Na linha 14, Figura A4.1, verifica-se que para o período de 2014 houve um acentuado aumento da ocorrência de impurezas nas peças, com exceção nas semanas 1, 10 e 15. Nas restantes linhas - Figuras A4.2 e A4.3 - quer em 2014 quer em 2013 se apresentam semanas com picos acentuados de peças com impurezas. As figuras acima, para as três linhas de pintura spray, não apresentam qualquer padrão entre 2013 e 2014 concluindo-se assim que a data de produção não influencia o aparecimento de impurezas nas peças.

Anexo 5 Tabelas de resultados do estudo gramagem aplicada vs cor/brilho

Os gráficos das figuras 41 à 47 foram obtidos através de dados recolhidos experimentalmente e que se encontram nas tabelas que se seguem.

Tabela A5.1 - Resultados das quatro medições das coordenadas da cor (Δl , Δa e Δb) para os ensaios das gramagens de W2.5.

Ensaio	Gramagens aplicadas de TOP lado A	Δl				Δa				Δb			
		1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a
		medição	Medição	Medição	Medição	medição	Medição	Medição	Medição	medição	Medição	Medição	Medição
1	115	-0,24	-0,66	-0,55	-0,59	-0,33	-0,31	-0,32	-0,35	-0,78	-0,65	-0,63	-0,61
2	132	-0,13	-0,18	-0,11	-0,18	-0,12	-0,11	-0,09	-0,12	-0,37	-0,26	-0,20	-0,16
3	152	0,00	-0,06	-0,04	-0,12	-0,05	-0,03	-0,00	-0,02	-0,28	-0,19	-0,13	-0,11
4	178	-0,08	-0,14	-0,04	-0,09	-0,08	-0,07	-0,04	-0,06	-0,28	-0,17	-0,14	-0,10
5	190	-0,06	-0,09	-0,05	-0,09	-0,06	-0,02	-0,02	-0,06	-0,27	-0,17	-0,11	-0,11

Tabela A5.2 - Resultados das quatro medições do desvio da cor (ΔE) e brilho para os ensaios de gramagens de W2.5.

Ensaio	Gramagens aplicadas de TOP lado A	ΔE				Brilho (GU)			
		1 ^a medição	2 ^a Medição	3 ^a Medição	4 ^a Medição	1 ^a medição	2 ^a Medição	3 ^a Medição	4 ^a Medição
1	115	0,97	1,08	0,90	0,92	28,44	29,15	28,05	27,90
2	132	0,42	0,34	0,25	0,27	43,40	43,45	41,38	41,02
3	152	0,29	0,20	0,14	0,18	44,80	46,26	45,45	44,75
4	178	0,30	0,23	0,16	0,17	40,40	40,66	40,71	39,68
5	190	0,29	0,19	0,13	0,16	43,39	44,57	44,02	43,73

Tabela A5.3 - Resultados das duas medições das coordenadas da cor (ΔL , Δa e Δb), do desvio da cor (ΔE) e brilho para os ensaios de gramagens de GREY.

Ensaio	Gramagens aplicadas de TOP lado A	ΔL		Δa		Δb		ΔE		Brilho (GU)	
		1 ^a medição	2 ^a Medição	1 ^a medição	2 ^a Medição	1 ^a medição	2 ^a Medição	1 ^a medição	2 ^a Medição	1 ^a medição	2 ^a Medição
1	118	0,02	-0,02	-0,09	-0,14	-0,19	-0,19	0,22	0,24	37,77	38,06
2	138	0,23	0,09	-0,12	-0,15	-0,17	-0,18	0,31	0,25	41,52	41,72
3	161	0,36	0,25	-0,12	-0,16	-0,15	-0,16	0,40	0,33	37,53	37,25
4	178	0,26	0,14	-0,09	-0,15	-0,12	-0,13	0,30	0,25	41,32	41,09